

IMPACTO ECONÓMICO DE LA DIGITALIZACIÓN EN EL SECTOR FARMACÉUTICO EN ESPAÑA



IMPACTO ECONÓMICO DE LA DIGITALIZACIÓN EN EL SECTOR FARMACÉUTICO EN ESPAÑA

Índice

1. Motivación	4
2. España como laboratorio avanzado de la innovación farmacéutica	7
3. Inteligencia Artificial Generativa (GenAI) como multiplicador de las ventajas comparativas españolas	11
1. La digitalización del sector farmacéutico	
2. La IA en el sector farmacéutico global y europeo	
3. Detonando el potencial de la IA en el sector farmacéutico español: capital humano, stock tecnológico e internacionalización	
4. Impacto económico de la industria farmacéutica en España: análisis input-output	24
1. Delimitación del análisis y alcance económico	
2. Impacto económico de la actividad de fabricación del sector farmacéutico	
3. Impacto económico de la I+D vinculada al sector farmacéutico	
4. Impacto económico total del sector farmacéutico: fabricación e I+D	
5. Impacto económico de la digitalización del sector farmacéutico en España en un modelo de crecimiento	31
1. Impacto de la inversión TIC en la economía española	
6. Conclusiones	38
7. Referencias	41
8. Anexo A: Metodología del análisis input-output del impacto económico del sector farmacéutico en España	46
1. Marco general del análisis input-output	
2. Tipología de impactos económicos	
3. Delimitación sectorial del sector farmacéutico	
4. Metodología de estimación del impacto económico de la fabricación farmacéutica	
5. Metodología de estimación del impacto económico de la I+D farmacéutica	
9. Anexo B. Metodología y datos del modelo de crecimiento para estimar el impacto económico de la digitalización del sector farmacéutico en España.....	51
1. Alcance del anexo	
2. Canales macro y sectoriales de transmisión de la inversión TIC	
3. Metodología del modelo de crecimiento (función de producción y descomposición)	
4. Ponderaciones Törnqvist para el capital TIC farmacéutico	
10. Anexo C: Datos, fuentes y construcción de series.....	63
1. Contabilidad Nacional, FBCF e inversión TIC	
2. Construcción de stocks de capital, capital total y capital TIC, mediante inventario perpetuo (PIM)	
3. Medición del empleo y aproximación del empleo cualificado	

01

1. Motivación

El sector farmacéutico de España es una de las industrias con mayores niveles de innovación y competitividad tanto en Europa como a escala global. Las empresas farmacéuticas españolas prevén cerrar 2025 con una inversión acumulada de 9.000 millones de euros en los últimos tres años, una cifra que podría multiplicarse en los próximos años si se consolida un entorno favorable a la inversión. Además, el sector ha mantenido un crecimiento sostenido en sus inversiones en I+D, alcanzando en 2024 más de 1.600 millones de euros, lo que representa cerca del 20% de toda la I+D industrial del país, con un peso elevado de los ensayos clínicos dentro de la inversión total del sector. A ello se añade el despliegue de proyectos de expansión, modernización tecnológica e innovación, que refuerzan la posición de España como referente internacional en investigación clínica y como destino de inversión productiva (Farmaindustria, 2025).

Sobre esta base, los avances en la digitalización del sector – entendidos desde la implementación de herramientas tradicionales a las tecnologías de frontera como la analítica de datos y la Inteligencia Artificial en los procesos de producción, de investigación y lanzamiento de medicamentos, ensayos clínicos, comercialización y automatización de procesos – tendrían un impacto sobresaliente sobre la calidad de la atención sanitaria, sobre la generación de empleo y el crecimiento económico. A nivel mundial se estima que solamente la implementación de la Inteligencia Artificial (IA) generativa podría contribuir entre 60.000 y 100.000 millones de dólares de ingresos anuales (hasta un 4,5% de la facturación total) gracias a la mejora de la calidad de la I+D, así como una aceleración de sus resultados (McKinsey, 2023). Además, la digitalización favorecerá la generación de empleos de alta calidad en biotecnología y ciencia de datos.

A pesar de ello, los análisis técnicos sobre el impacto actual y potencial de la digitalización del sector farmacéutico español son escasos. El sector, además, se encuentra inmerso en reformas normativas de gran calado, tanto específicas a su sector como la implementación en España de la Estrategia de la Industria Farmacéutica 2024-2028 y a nivel comunitario del Espacio Europeo de Datos Sanitarios, como generales, en el marco de la gobernanza de la economía digital, con nuevas regulaciones comunitarias en materia de protección de datos, mercados, servicios e Inteligencia Artificial.

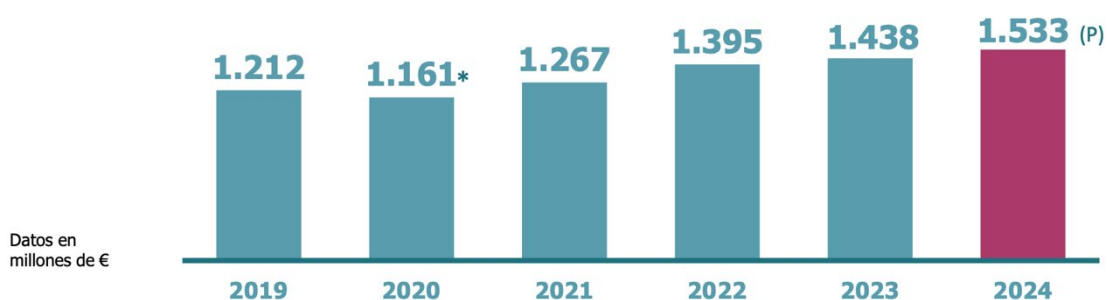
En este contexto, resulta relevante poner en valor las buenas prácticas de digitalización del sector farmacéutico para preservar y acelerar la innovación al servicio de la atención sanitaria y del crecimiento económico. Este documento persigue precisamente ese objetivo y lo hace en dos planos complementarios. En primer lugar, mediante un análisis input-output que permite cuantificar el peso económico del sector farmacéutico, tanto en fabricación como en la I+D asociada, así como sus encadenamientos sobre el resto de la economía. A partir de las tablas del INE para 2021 aplicadas a los niveles de actividad de 2023, el análisis muestra que el sector genera en torno a 21.900 millones de euros de valor añadido y más de 67.000 millones de producción total, aproximadamente el 1,6 % del VAB y el 2,4 % de la producción nacional, con cerca de una quinta parte del VAB procedente de actividades de I+D. Estos órdenes de magnitud permiten situar al sector como uno de los principales tractores tecnológicos de la economía española y ofrecen una referencia cuantitativa sólida para el debate regulatorio e industrial.

En segundo lugar, el informe recurre a un marco de función de producción y contabilidad del crecimiento para analizar cómo la inversión en tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) y la expansión del empleo cualificado se traducen en crecimiento efectivo, tanto en el agregado como en la propia industria farmacéutica. Esta aproximación permite separar acumulación de factores y eficiencia, e identificar el papel del capital TIC y del trabajo cualificado como motores de la productividad. Los resultados muestran que, en el bienio 2023-2024, el bloque intensivo formado por capital TIC y empleo cualificado explica del orden de 0,7 a 0,8 puntos porcentuales anuales de crecimiento del PIB, equivalente a unos 22.500 millones de euros acumulados en términos reales. Asimismo, la contribución del capital TIC al crecimiento resulta muy superior a la del capital agregado cuando se mide en relación con su peso en el stock, y esta pauta se intensifica en el caso del sector farmacéutico. Esta lectura conecta directamente la digitalización del sector con el dinamismo del VAB agregado y ofrece un lenguaje cuantitativo útil para valorar el retorno macroeconómico de las estrategias de inversión digital.

02

2. España como laboratorio avanzado de la innovación farmacéutica

España ha emergido como un ecosistema farmacéutico de referencia en el contexto europeo, consolidándose como uno de los motores industriales y tecnológicos más dinámicos del continente. Según las estimaciones de AFI (2025a, 2025b), basadas en un perímetro ampliado de contribución socioeconómica, el peso económico del sector equivale al 1,9 % del PIB nacional, cifra que adquiere mayor relevancia si se considera que genera más de 27.000 millones de euros en valor añadido y sostiene aproximadamente 270.000 empleos entre posiciones directas, indirectas e inducidas. Esta capacidad de tracción económica convierte a la industria farmacéutica en la segunda actividad más productiva de toda la industria manufacturera española (AFI, 2025a) y como el octavo productor europeo de medicamentos, con una cuota del 5,4% del mercado (AFI, 2025b).



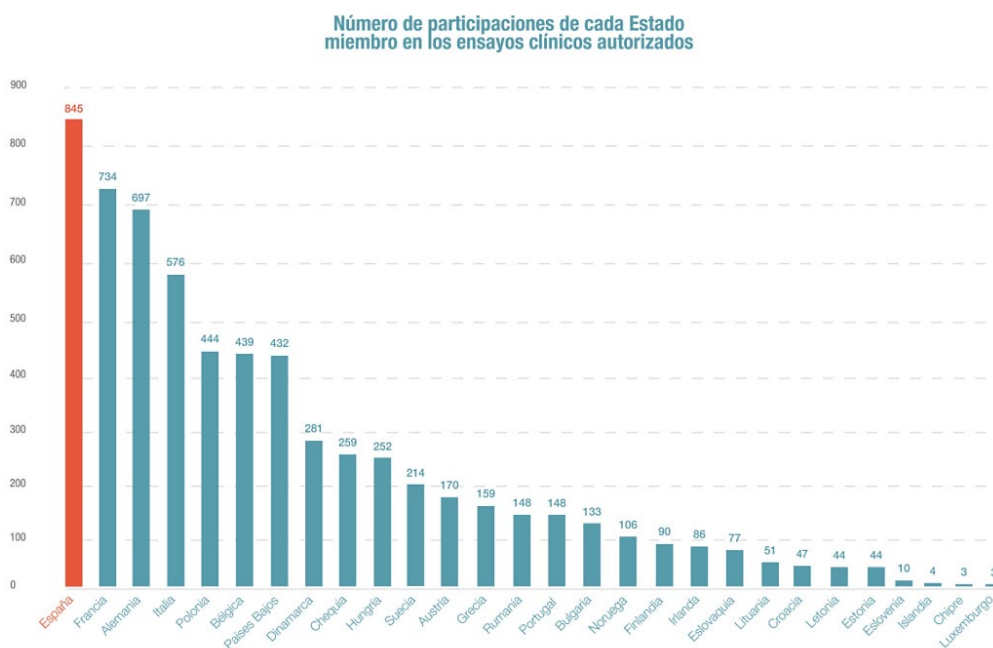
Fuente: Farmaindustria, 2024.

La confianza del sector en el mercado español se manifiesta con especial claridad en las cifras de inversión comprometida. Entre 2023 y 2025, las compañías farmacéuticas han destinado más de 9.000 millones de euros a proyectos de expansión, modernización tecnológica e innovación. Esta inyección de capital refleja tanto la estabilidad del entorno regulatorio español como la capacidad del país para atraer recursos productivos (Farmaindustria, 2024). La apuesta inversora no responde únicamente a condiciones de mercado favorables, sino también a la percepción de España como un entorno fértil para la inversión, la experimentación tecnológica y la implementación de modelos avanzados de gestión sanitaria.

En materia de investigación, el sector farmacéutico español constituye un pilar sólido al concentrar en torno al 20% de toda la inversión en I+D industrial del país, partida que alcanzó los 1.647 millones de euros, de los cuales más del 60% se destinó específicamente a ensayos clínicos. Para 2025, esta inversión se prevé supere la barrera de los 1.770 millones de euros, consolidando una trayectoria ascendente que posiciona a España como uno de los líderes europeos en investigación biomédica aplicada.

El dinamismo de la industria farmacéutica española se ve reflejado en el número de ensayos clínicos aprobados. La industria farmacéutica española financia el 83% de todos los ensayos clínicos realizados en el país y lidera la investigación a nivel europeo. España participó en 845 de los 1.944 ensayos autorizados en la Unión Europea a través del sistema CTIS -un 43% del

total- y coordinó 350 ensayos multinacionales como Estado de referencia (Farmaindustria, 2023, 2024).



Fuente: Sistema de Información de Ensayos Clínicos (CTIS)

Este ecosistema de investigación se ha consolidado como pilar estratégico del país con la aprobación en diciembre de 2024 de la Estrategia de la Industria Farmacéutica 2024-2028 por el Gobierno de España, que busca continuar posicionando al país como referente mundial en innovación e industrialización biofarmacéutica. La estructura del sector responde a un modelo de convivencia fértil entre actores de distinta naturaleza y escala: filiales de multinacionales farmacéuticas que operan como centros de competencia global, empresas nacionales y biotecnológicas emergentes que aportan agilidad, especialización y capacidad disruptiva. Esta diversidad organizativa genera sinergias que alimentan un entorno innovador y competitivo, capaz de responder con flexibilidad a los desafíos científicos y regulatorios de la medicina contemporánea.

Desde el punto de vista tecnológico, España ha emprendido un proceso de transformación profunda hacia una infraestructura sanitaria digital integrada, diseñada para optimizar tanto las prácticas de investigación como la gestión asistencial y administrativa del sistema de salud. El desarrollo de plataformas que conectan datos de hospitalización, atención primaria, laboratorio, diagnóstico por imagen y prescripción electrónica constituye un avance cualitativo de primer orden, para un uso inteligente y seguro de la información clínica.

En el plano político y regulatorio, la Estrategia de la Industria Farmacéutica 2024-2028 define una visión de país que combina competitividad industrial, sostenibilidad ambiental y autonomía estratégica en el acceso a medicamentos y tecnologías sanitarias esenciales (Ministerio de Sanidad, 2024). Esta estrategia se articula en sintonía con la Estrategia Farmacéutica Europea, incorporando los objetivos de resiliencia, innovación responsable y equidad en el acceso que caracterizan el enfoque comunitario (Comisión Europea, 2020). Así las cosas, el marco regulatorio español se caracteriza por un equilibrio pragmático entre la promoción de la

innovación y la protección de los derechos de los pacientes, entre la atracción de inversión internacional y el fortalecimiento del tejido productivo nacional, entre la apertura a la colaboración público-privada y la salvaguarda del interés general. Esta aproximación equilibrada refuerza la posición de España como país demostrador de la digitalización aplicada a la salud y la biotecnología, un laboratorio a escala real donde las políticas públicas, la inversión privada y la excelencia científica convergen para generar soluciones exportables y replicables.

En conjunto, la confluencia de múltiples factores estratégicos (inversión privada sostenida y creciente, capacidad investigadora de primer nivel, infraestructura de datos avanzada y alineación estratégica con las prioridades europeas) posiciona a España como un laboratorio regulatorio, tecnológico y organizativo de referencia internacional. Es un espacio donde la digitalización y la inteligencia artificial generativa no son conceptos abstractos ni proyectos a futuro, sino realidades operativas que se traducen en mejoras medibles y documentadas en eficiencia operativa, productividad investigadora y calidad asistencial. Este rol de laboratorio avanzado no se limita a la experimentación técnica, sino que abarca también la generación de modelos regulatorios para el uso responsable de tecnologías emergentes. España emerge como un caso de estudio valioso y como un socio estratégico para aquellos actores -gobiernos, empresas o instituciones académicas- que buscan comprender y anticipar el futuro de la salud.

03

3. Inteligencia Artificial Generativa (GenAI) como multiplicador de las ventajas comparativas españolas

3.1 La digitalización del sector farmacéutico

La digitalización del sector farmacéutico avanza hacia un modelo operativo más integrado, basado en datos y sustentado en tecnologías que permiten aumentar la eficiencia, la calidad y la velocidad de los procesos en toda la cadena de valor del medicamento (Ullagaddi, 2024).

Para medir este nivel de madurez digital se pueden considerar nueve pilares tecnológicos cuya adopción refleja el grado de transformación real de las compañías. Estos incluyen desde sistemas de inteligencia artificial y capacidades de IA generativa hasta plataformas de integración de sistemas, automatización robótica, modernización de arquitecturas de datos, analítica y gemelos digitales, complementados por herramientas de ciberseguridad y programas de capacitación en habilidades digitales. En conjunto, estos componentes permiten evaluar cómo las organizaciones están incorporando tecnologías críticas para fortalecer su competitividad, asegurar la integridad del dato e impulsar la innovación en investigación, desarrollo, manufactura y calidad.

Sistemas de Inteligencia Artificial (IA)

Si bien el uso de la inteligencia artificial (IA) en el sector farmacéutico ya es una realidad, tal como reconoce la FDA, que ha observado un “aumento significativo” en aplicaciones regulatorias que incorporan IA a lo largo de todo el ciclo de vida del medicamento (FDA, 2025), o como lo indica la literatura, La IA se aplica hoy a lo largo de todo el ciclo de vida del medicamento: cribado virtual y diseño de moléculas, optimización de rutas sintéticas, análisis de imágenes preclínicas, mejora del control estadístico de procesos en planta y detección temprana de señales de seguridad en farmacovigilancia. Estudios recientes describen cómo los modelos de aprendizaje automático permiten optimizar la eficiencia de manufactura, reducir desviaciones, mejorar el rendimiento de los lotes y, al mismo tiempo, fortalecer la trazabilidad y el cumplimiento de estándares GMP (Good Manufacturing Practices / Buenas prácticas de Manufactura) (Ullagaddi, 2024).

Sin embargo, su integración viene acompañada de riesgos para los que las organizaciones deben estar preparadas. Estos riesgos incluyen desafíos en protección de datos y privacidad, especialmente en el contexto del creciente volumen de datos sensibles utilizados para modelización avanzada, así como problemas derivados de la calidad, representatividad y cantidad de datos necesarios para entrenar modelos fiables, sesgos, discriminación y variabilidad poblacional (EMA, 2024).

Es así como la adopción responsable de estas tecnologías exige adaptar marcos regulatorios, guías técnicas y capacidades institucionales, siguiendo las prioridades establecidas por el plan estratégico europeo “*Data and AI in Medicines Regulation to 2028*”, que fija líneas de trabajo para reforzar la gobernanza de datos, modernizar metodologías de evaluación y desarrollar competencias avanzadas en toda la red regulatoria (EMA, 2024). Desde la industria, se destaca también la necesidad de un enfoque regulatorio proporcional al riesgo y de incorporar nuevas

guías de validación específicas para IA, incluyendo requisitos de transparencia, control de modelos y evidencia adecuada para su aceptación regulatoria (EFPIA, 2024).

En este contexto, medir el grado de adopción de “IA general” dentro de las compañías farmacéuticas no implica únicamente identificar casos de uso en investigación, manufactura o control de calidad, sino también evaluar la existencia de estructuras internas de gobernanza, políticas de gestión de riesgos, procesos de validación y capacidades técnicas para operar estos sistemas de forma segura y regulatoriamente aceptable. Ejemplos como la creación del *CDER AI Council* dentro de la FDA para coordinar políticas, talento y estándares internos (FDA, 2025), refuerzan que la madurez real no depende solo de la presencia de modelos, sino de la infraestructura organizacional que garantiza su uso responsable.

IA generativa (LLMs, generación de texto/imágenes)

La irrupción de la IA generativa ha abierto una nueva fase en la digitalización del sector. Los modelos de lenguaje de gran tamaño permiten automatizar y acelerar tareas intensivas en documentación: síntesis de literatura científica, generación de borradores de protocolos y enmiendas, apoyo a la redacción de expedientes regulatorios, elaboración de informes de seguridad o análisis de reportes de farmacovigilancia, siempre bajo revisión de expertos. Como se mencionó con anterioridad la IA (en este caso la generativa) puede transformar prácticamente todas las funciones de la industria farmacéutica desbloqueando miles de millones de dólares en valor potencial (McKinsey, 2024b)

En el ámbito de I+D, la colaboración entre grandes farmacéuticas y desarrolladores de modelos avanzados ilustra esta tendencia: por ejemplo, El Centro Biotecnológico *Eli Lilly* anunció en 2024 una alianza con OpenAI para utilizar IA generativa en el desarrollo de nuevos antibióticos frente a bacterias resistentes, dentro de un programa global para introducir de dos a cuatro nuevos tratamientos antes de 2030 (Reuters, 2024).

La evidencia reciente muestra que la IA generativa ya está pasando de la fase de prueba a la escala en farma y medtech. Una encuesta de más de 100 directivos de la industria realizada por McKinsey (2024) señala que todas las organizaciones consultadas han experimentado con gen AI y un tercio ya ha iniciado procesos formales de escalamiento, con casos de uso que abarcan desde operaciones de planta hasta funciones regulatorias y médicas.

Para las empresas del sector, esto se traduce en la oportunidad de rediseñar procesos de investigación, calidad y soporte clínico sobre nuevas bases de productividad, siempre que se acompañe de modelos de gobierno claros, y marcos de validación acordes con las guías emergentes de EMA y FDA sobre el uso de IA en el ciclo de vida del medicamento.

Gemelos digitales (Digital Twins)

Un gemelo digital es una copia virtual muy precisa de algo real (puede ser una persona, un producto, un proceso o una planta de producción) (ISPE, 2022). En manufactura farmacéutica y biotecnológica, los gemelos digitales se emplean para simular operaciones complejas, optimizar parámetros críticos de proceso, evaluar escenarios de escalado y anticipar desviaciones de calidad antes de que se produzcan en la línea física. Revisiones recientes destacan que los gemelos digitales pueden acelerar el desarrollo de procesos, reducir el tiempo de validación y facilitar la fabricación flexible (Maharjan et al., 2025).

Los gemelos digitales no sólo potencian la optimización del proceso y el análisis en tiempo real, sino que también exigen una colaboración fluida entre humanos y máquinas para alcanzar su máximo valor. Diseñar pensando en la escala global desde el inicio (con internacionalización, localización y validación regulatoria) favorece que el sistema sea efectivo y adopte con éxito la colaboración humano-máquina. Además, aspectos como la transparencia del modelo, la interfaz de usuario adaptada al operador, el entrenamiento adecuado y la gestión del cambio emergen como elementos críticos para que los operarios confíen y saquen partido al gemelo digital. En última instancia, al integrar talento humano con tecnología avanzada, las empresas pueden reducir el tiempo de lanzamiento al mercado, mejorar la eficiencia y contribuir a fabricar medicamentos más asequibles para un mundo más saludable.

Medir la madurez de gemelos digitales en la industria no se limita a contabilizar proyectos piloto, sino a evaluar si las compañías disponen de modelos validados, integrados con sistemas de supervisión de la manufactura, que aporten decisiones operativas en tiempo real y estén respaldados por marcos de gestión de datos de calidad.

Automatización robótica de procesos (RPA)

La automatización robótica de procesos se ha consolidado como una herramienta clave para eliminar tareas manuales repetitivas en áreas administrativas. En el contexto farmacéutico, la RPA se utiliza para automatizar la recopilación y consolidación de datos de diferentes sistemas, preparar informes periódicos de calidad, gestionar actualizaciones en sistemas regulatorios, procesar documentación de ensayos clínicos y dar soporte a actividades de farmacovigilancia, entre otros usos. Así como otras herramientas usadas en la era de la digitalización la RPA muestra disminución de errores en documentación regulatoria y clínica, y contribuyen a procesos regulatorios más ágiles y seguros.

Es una de las tecnologías centrales para mejorar el cumplimiento regulatorio en la industria farmacéutica, ya que permite automatizar tareas repetitivas, manuales y de alto volumen dentro de los flujos de trabajo documentales. Al delegar actividades rutinarias a robots de software, las organizaciones reducen errores humanos, aceleran la preparación y verificación de documentos regulatorios y liberan tiempo para que los equipos se concentren en análisis críticos y toma de decisiones. Además, la RPA actúa como una capa operativa que facilita la integración con otras herramientas de IA, como el procesamiento de lenguaje natural (NLP) y el machine learning, ayudando a construir procesos regulatorios más eficientes, trazables y consistentes (Artificial Intelligence in Regulatory Compliance, 2024).

Modernización de arquitectura de datos (Data Lakes, nube)

El volumen de datos que genera el sector farmacéutico (ensayos clínicos, estudios observacionales, información comercial, etc.) crece de forma exponencial y supera las capacidades de los sistemas tradicionales basados en bases de datos aisladas. En este contexto, la adopción de arquitecturas modernas de tipo *data lake* o en la nube permite consolidar datos estructurados y no estructurados en una plataforma común, con esquemas flexibles y capacidades de procesamiento masivo que dan soporte tanto a analítica avanzada como a modelos de inteligencia artificial, respetando al mismo tiempo los requisitos GMP y de integridad del dato (Parhad, 2025).

La modernización no es solo tecnológica, sino también regulatoria: el diseño de data lakes en farma debe cumplir principios de integridad del dato, trazabilidad, control de acceso y retención,

de acuerdo con guías de buenas prácticas de fabricación y con marcos como Pharma 4.0 de ISPE. En este sentido, ISPE destaca que los *data lakes* no solo soportan el volumen y la variedad crecientes de los datos industriales, sino que habilitan capacidades avanzadas de monitoreo en tiempo real, y permiten reportes en tiempo real, así como análisis para la toma de decisiones (Scitara, 2022).

En la práctica, medir la madurez de la arquitectura de datos en las compañías farmacéuticas implica examinar no solo si existen *data lakes*, sino también si estos integran fuentes críticas de negocio, cuentan con modelos de gobierno claros (propietarios de datos, calidad del dato, origen) y están preparados para ser escalables e integrables con otros sistemas (e IA)

Plataformas para integración de sistemas (ERP, LIMS, MES)

Tradicionalmente, los laboratorios han operado con sistemas desconectados, donde la información de planificación (ERP), control de planta (MES) y laboratorio (LIMS)¹ se intercambiaba mediante exportaciones manuales, hojas de cálculo o interfaces puntuales, lo que aumentaba el riesgo de errores, duplicidades y falta de trazabilidad. Además, limita la toma de decisiones, pues se dificulta tener un dato en el que se pueda confiar. La interoperabilidad entre estos sistemas, combinada con arquitecturas basadas en datos es una condición necesaria para reducir desviaciones, mejorar el cumplimiento regulatorio y disponer de una visión única del proceso productivo (Ullagaddi, 2024).

En un modelo integrado, la conexión bidireccional entre estos sistemas (ERP, MES LIMS) permite, por ejemplo, que las especificaciones y límites de control definidos en calidad se sincronicen automáticamente con las instrucciones de fabricación, que los resultados de laboratorio alimenten en tiempo casi real los indicadores de rendimiento de planta y que la información sobre desviaciones o no conformidades se refleje de forma inmediata en los flujos de liberación y suministro (World Journal of Advanced Research and Reviews, 2025).

Desde el punto de vista de la madurez en este elemento de la digitalización una compañía puede considerarse avanzada en integración de sistemas cuando dispone de flujos automatizados entre ERP, MES y LIMS, y ha reducido al mínimo los registros en papel y cuenta con cuadros de mando operativos que combinan información de producción, calidad y cadenas de suministro en tiempo casi real.

Ciberseguridad y cumplimiento regulatorio digital

Informes recientes señalan que el sector farmacéutico y de salud es uno de los más atacados por ciberdelincuentes debido al alto valor de los datos clínicos y la propiedad intelectual, estos ataques generan interrupciones operativas que pueden extenderse por semanas o meses, afectando directamente la continuidad de la atención, la seguridad del paciente y la capacidad institucional para gestionar emergencias. Además, los ciberataques generan costos millonarios de recuperación, lo que subraya la necesidad de crear y fortalecer planes de contingencia, protocolos de acción y simulacros de respuesta (Li, et al. 2025).

Es por esto, por lo que agencias reguladoras han reforzado su orientación sobre ciberseguridad y protección de datos en sistemas digitales y dispositivos médicos. La FDA (2023), emitió en

¹ ERP (Enterprise Resource Planning) sistemas de planificación de recursos empresariales, MES (Manufacturing Execution System) sistemas de ejecución y control de producción en planta y LIMS (Laboratory Information Management System) sistemas de gestión de información de laboratorio.

2023 una guía final que detalla requisitos de ciberseguridad en el ciclo de vida de los dispositivos médicos (tratar la ciberseguridad como parte del ciclo de vida del producto), que, si bien no es centrada en la manufactura de medicamentos, sirve de referencia para programas en entornos de salud digital.

En Europa, el Reglamento General de Protección de Datos (GDPR) y la Directiva (UE) 2022/2555 (NIS2) configuran el marco horizontal de protección de datos y ciberseguridad aplicable a sectores esenciales, entre ellos el sanitario, que incluye tanto a prestadores de servicios de salud como a fabricantes de medicamentos y de determinados productos sanitarios críticos. NIS2 impone medidas reforzadas de gestión de riesgos de ciberseguridad y obligaciones estrictas de notificación de incidentes para estas entidades, mientras que el RGPD y los códigos de conducta sectoriales exigen salvaguardas específicas para el tratamiento de datos de salud y de investigación clínica (Unión Europea, 2023). En paralelo, agencias como la EMA y la AEMPS han consolidado expectativas claras sobre integridad, trazabilidad y ciclo de vida del dato en entornos GMP, mediante guías sobre sistemas informatizados e integridad del dato que las organizaciones farmacéuticas suelen desplegar en alineación con marcos de buenas prácticas de automatización y sistemas informáticos.

La adopción de medidas y protocolos para la ciberseguridad no solo mitiga vulnerabilidades en un entorno cada vez más automatizado, sino que fortalece la confianza en las instituciones al apearse a los marcos regulatorios, lo que garantiza la continuidad de las actividades de investigación, manufactura y liberación de productos en un sector donde la interoperabilidad no debe ser solo de los sistemas y programas sino también en el orden regulatorio.

Plataformas de analítica (BI, dashboards, ML Ops)

La disponibilidad de datos integrados y arquitecturas modernas solo genera valor cuando se acompaña de capacidades efectivas de analítica avanzada. En la práctica, esto implica combinar herramientas de inteligencia de negocio (BI) y cuadros de mando operativos con entornos de ciencia de datos y plataformas de Machine Learning Operations (ML Ops) que permitan desarrollar, validar, desplegar y monitorizar modelos de IA de forma repetible y conforme a la regulación.

Los sistemas de BI y los dashboards avanzados permiten consolidar datos provenientes de fuentes heterogéneas (ERP, MES, LIMS) para generar indicadores críticos de desempeño, trazabilidad y control de calidad. Esto mejora la capacidad de monitoreo continuo de procesos GMP, las empresas con mayor madurez digital en el sector utilizan plataformas de BI para habilitar analítica en tiempo casi real, visualizaciones automatizadas y alertas configuradas por riesgo, lo que fortalece la gestión predictiva del desempeño operacional (EMA, 2023).

Capacitación específica en tecnologías digitales / IA

Ninguna de las capacidades anteriores es sostenible sin una inversión decidida en talento y formación. La digitalización de la industria ha puesto en evidencia una brecha significativa de capacidades, lo que obliga a las compañías a invertir de manera prioritaria en programas de capacitación y actualización continua de su talento. Ahora esta brecha no solo abarca habilidades técnicas en aprendizaje de ciencia de datos o computación en la nube, sino también competencias híbridas que integran conocimiento regulatorio, validación de modelos, alfabetización en datos y capacidad para colaborar en equipos multidisciplinarios.

Además, la alta competencia global por talento especializado ha incrementado la urgencia de desarrollar estrategias sistemáticas de formación y capacitación internas, alianzas con instituciones académicas y el uso de herramientas que reduzcan la barrera de entrada para profesionales no técnicos. En este contexto, las organizaciones farmacéuticas que logren estructurar programas de capacitación digital robustos estarán mejor posicionadas para garantizar una adopción segura, eficiente y regulatoriamente sólida de tecnologías avanzadas (Intuition Labs, 2025).

Un cierre efectivo de esta brecha exige no solo formar talento, sino también gestionarlo estratégicamente, por ejemplo, la transición hacia Pharma 4.0 requiere marcos formales de gestión de habilidades que permitan identificar las competencias críticas, evaluar las brechas existentes y diseñar hojas de ruta de capacitación y adquisición de talento alineadas con la estrategia digital de cada organización. Estos marcos integran gobernanza, análisis de capacidades y planes de formación escalables, lo que facilita que la fuerza laboral evolucione al mismo ritmo que las tecnologías emergentes y la regulación y fortalece la retención de perfiles clave en un entorno altamente competitivo (Reinhardt et al., 2025).

3.2. La IA en el sector farmacéutico global y europeo

La inteligencia artificial (IA), y en particular la generación de contenido mediante modelos avanzados (IA generativa), tiene un potencial transformador significativo en el sector farmacéutico. Este sector es, junto con banca, tecnología y comercio minorista, uno de los que más se podrían beneficiar de la digitalización y automatización que provee la IA, dada su elevada inversión en investigación y desarrollo (I+D) y los largos plazos para desarrollo de nuevos fármacos, que suelen tomar entre 10 y 15 años. La Inteligencia Artificial Generativa muestra su mayor potencial en tareas que exigen razonamiento complejo, procesamiento de grandes volúmenes de texto, generación de código, análisis de datos y apoyo a la toma de decisiones estructuradas. La IA generativa puede acelerar procesos clave como la identificación de moléculas candidatas en la etapa inicial de descubrimiento, reduciendo esta fase de meses a semanas, lo cual puede traducirse en un valor económico estimado de entre 60,000 y 110.000 millones de dólares anuales para la industria farmacéutica global, equivalente a un 2.6% a 4,5% de sus ingresos (McKinsey, 2023).

Los usos específicos de la IA generativa en el sector farmacéutico incluyen la automatización de la búsqueda preliminar y cribado de compuestos químicos, la priorización de prescripciones médicas basadas en datos clínicos reales, y la generación automática de documentación para clientes y representantes comerciales. Estas aplicaciones no solo aceleran el ciclo de desarrollo y comercialización de nuevos medicamentos, sino que también mejoran la precisión y efectividad de los tratamientos, impactando directamente en resultados de salud y reducción de costos operativos. Desde una perspectiva funcional, la IA generativa puede también funcionar como un "experto virtual" dentro de las organizaciones, revolucionando la gestión interna del conocimiento. Puede facilitar la recuperación y el análisis de información médica y científica mediante procesamiento de lenguaje natural, optimizando la toma de decisiones y la estrategia dentro de las compañías farmacéuticas.

Es importante señalar que la implementación efectiva de IA en el sector farmacéutico debe contemplar desafíos como la necesidad de mantener humanos en el proceso para asegurar

control de calidad, la transparencia y explicabilidad de los modelos, y el cumplimiento estricto de regulaciones sobre privacidad y protección de datos clínicos. Superar estos retos es clave para maximizar el valor de la tecnología y asegurar un desarrollo ético y responsable que impulse la innovación y competitividad del sector farmacéutico europeo y global.

El sector farmacéutico europeo, aunque enfrenta fuerte competencia global, tiene un papel destacado por su capacidad de innovación basada en digitalización y biotecnología avanzada. Así, el sector se suma a industrias como semiconductores, software y comercio electrónico que están aprovechando la ola digital para generar nuevas oportunidades de crecimiento y desarrollo. En este sector farmacéutico europeo destacan grandes empresas de referencia global en innovación y desarrollo de medicamentos. Estas compañías están incorporando tecnologías digitales y de inteligencia artificial para optimizar sus procesos de investigación y acelerar el descubrimiento de nuevos fármacos. Además, Europa cuenta con startups especializadas en IA aplicada a la salud, que combinan conocimiento científico con capacidades informáticas, representando un ecosistema innovador que puede dinamizar este sector y captar inversión significativa.

Para impulsar el sector farmacéutico en la economía digital europea, es fundamental por tanto fomentar la colaboración entre estas grandes firmas y el ecosistema emprendedor, facilitando el acceso a recursos de IA, datos clínicos y financiamiento. El enfoque en modelos de IA más pequeños y específicos para aplicaciones farmacéuticas puede permitir que las empresas desarrollen soluciones más rápidas y adaptables sin depender de infraestructuras extremadamente costosas. Programas de apoyo e incubadoras digitales especializadas pueden catalizar esas sinergias, además de un marco regulatorio que facilite la experimentación segura (regulatory sandboxes) y reduzca las barreras burocráticas que dificultan la escalabilidad de startups (Melguizo, 2025).

Asimismo, Europa debe avanzar en la modernización financiera y la armonización regulatoria para consolidar un mercado digital unificado, con menos fragmentación entre países. Esto ayudaría a las empresas farmacéuticas, tanto grandes como emergentes, a acceder a financiamiento más ágil y robusto para proyectos tecnológicos avanzados. Un ecosistema financiero más integrado y una política pro-innovación permitirán que Europa no solo mantenga su posición en el sector farmacéutico, sino que también lidere la digitalización del mismo, con beneficios para la salud pública y competitividad global.

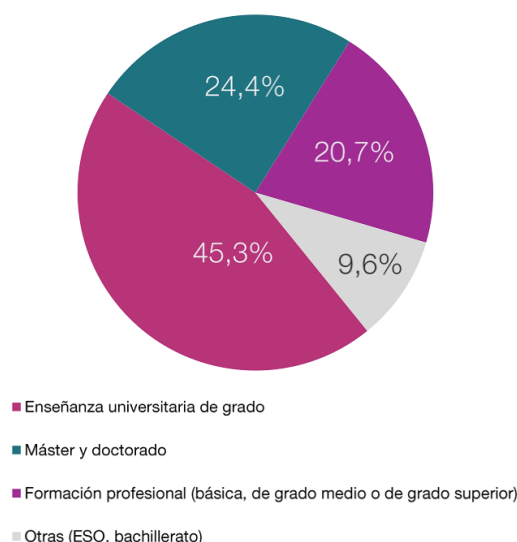
3.3. Detonando el potencial de la IA en el sector farmacéutico español: capital humano, stock tecnológico e internacionalización

El potencial de la IA resulta especialmente relevante para España, cuya industria farmacéutica ya posee capacidades consolidadas en ámbitos directamente afines a la aplicación de la GenAI, como los ensayos clínicos, la documentación regulatoria, las relaciones médico-científicas, la manufactura bajo estándares GMP y la gestión avanzada de la cadena de suministro. La integración estratégica de la Inteligencia Artificial Generativa en estos procesos podría multiplicar las ventajas competitivas que hoy posicionan al sector farmacéutico español como un referente europeo en innovación y calidad productiva.

El sector farmacéutico cuenta con una cualidad especial, ya que concentra en su mayoría empleados de alta cualificación, alrededor del 70% de su plantilla tiene estudios universitarios,

con una alta presencia de perfiles científicos y técnicos. En el área de I+D, este porcentaje se eleva al 90% (Farmaindustria, 2023). Además, solo en 2024 el empleo en I+D superó las 6.000 personas, un crecimiento del 9,5% uno de los mayores incrementos en dos décadas. En el caso del personal investigador, dos de cada tres son mujeres y nueve de cada diez son titulares universitarios, lo que refleja un ecosistema de talento diverso y altamente capacitado (Farmaindustria, 2024).

Según titulación

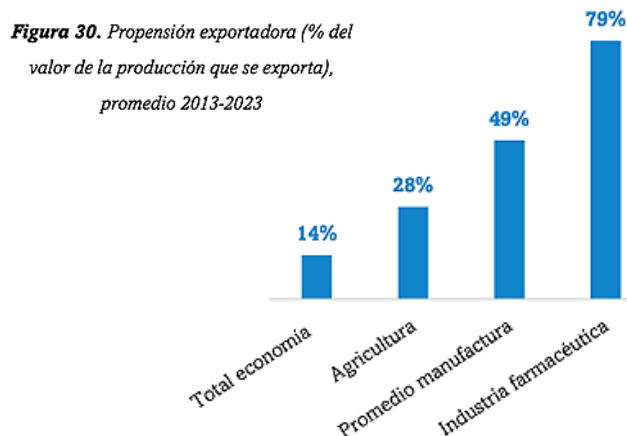


Fuente: Farmaindustria, 2023.

Este perfil es particularmente propicio para la adopción de GenAI, que no sustituye el juicio experto, sino que lo amplifica. El talento científico-técnico es fundamental no solo para adoptar nuevas tecnologías, sino para extraer valor real de herramientas como la IA en un sector tan regulado y complejo como el farmacéutico. Este capital humano cualificado se potencia con una inversión sostenida en I+D que refuerza la capacidad innovadora del sector. La evidencia recopilada por McKinsey en empresas que han renovado su organización muestra que los líderes en IA son precisamente aquellos que combinan inversión tecnológica con una apuesta decidida por talento híbrido (científicos con competencias de datos e ingenieros con comprensión profunda del negocio clínico y regulatorio) y destinan hasta el 20% de su EBITDA a programas de digital y analytics a escala (McKinsey, 2023).

La modernización del "stock" tecnológico de I+D, definido como el acervo acumulado de infraestructuras, software, bases de datos y capacidades digitales incorporadas de forma permanente a los procesos de investigación y desarrollo, con arquitecturas integradas para datos clínicos, aplicaciones de I+D y analítica avanzada, es condición necesaria para extraer todo el valor de la IA en "biopharma" (McKinsey, 2025). En España, donde buena parte del valor diferencial reside en la rapidez de reclutamiento y en la calidad de los datos generados por los centros de referencia, la GenAI puede acelerar el diseño de protocolos, automatizar la generación de documentación de ensayos y mejorar la explotación de datos de mundo real. Esto refuerza la capacidad del país para atraer estudios globales de mayor complejidad y evolucionar desde un modelo de volumen hacia uno de sofisticación científica diferenciada.

Por otro lado, se resalta que los medicamentos representan ya el quinto producto más exportado por España (5,3% del total de exportación de bienes), con más de 20.000 millones de euros en exportaciones anuales de productos farmacéuticos. En promedio durante la última década, las empresas farmacéuticas españolas han exportado el 79% de su producción, lo que se traduce en una propensión exportadora seis veces superior al promedio nacional y treinta puntos superior al promedio de la industria manufacturera (AFI, 2025b).



Fuente: Afi a partir de Aduanas, Instituto Nacional de Estadística (INE).

En un contexto donde la escala productiva ya existe, la tecnología puede traducirse en márgenes mejorados y mayor competitividad internacional. En términos estratégicos, la cuestión central para España no es si la IA generativa será relevante, sino cómo orientar su despliegue para reforzar los vectores donde el país ya es fuerte (capital humano cualificado, una base sólida de inversión en I+D y un potencial manufacturero y de exportación avanzado) y no dispersarse en casos de uso de bajo impacto o difícil escalabilidad.

Una aproximación a la inversión en digitalización del sector farmacéutico en España

La digitalización desempeña, por lo expuesto, un papel fundamental en la estrategia de la industria farmacéutica en España, posicionándola como un motor clave para la innovación, competitividad y crecimiento económico. Este sector, con más de 370 empresas, invierte anualmente más de 1.500 millones de euros en I+D, a lo que se suma una inversión significativa en digitalización y activos productivos, alcanzando un total de aproximadamente 3.000 millones de euros anuales. La digitalización permite acelerar procesos de innovación, favorecer la colaboración entre empresas, hospitales y universidades, y consolidar a España como uno de los principales hubs europeos en la producción y desarrollo de medicamentos.

España destaca en Europa por su liderazgo en ensayos clínicos, con 930 estudios autorizados en 2024, siendo además referente en la coordinación de ensayos multinacionales (AFI, 2025b) Este ecosistema robusto de investigación está apoyado por una avanzada infraestructura científica y tecnológica, que incluye más de 700 centros dedicados a la I+D y una elevada

cualificación del personal, donde el 58% de los profesionales farmacéuticos cuentan con titulación universitaria.

La inversión en tecnologías de la información (TI) del sector se concentra en Digitalización de ensayos clínicos y procesos de investigación, Análisis avanzado de datos e inteligencia artificial para el descubrimiento y desarrollo de fármacos, Implementación de plataformas de salud digital y sistemas de evidencia del mundo real y Fortalecimiento de la resiliencia de la cadena de suministro y automatización de la producción mediante herramientas digitales.

Hasta la fecha no hay una serie oficial ni generalmente aceptada sobre esta inversión en digitalización, por lo que se recurren a ejercicios de aproximación, por lo que se de recurrir a ejercicios de aproximación. El próximo lanzamiento de la *Encuesta de Transformación Digital de la Industria Farmacéutica* en elaboración por Farmaindustria solucionara este reto.

A nivel más agregado, el sector farmacéutico español invertirá en el trienio 2023-2025 unos 9000 millones euros, aproximadamente 3000 millones al año. Dentro de esta inversión, y como seria base para el ejercicio de estimación se empleará como base las series estadísticas de la Encuesta I+D en la Industria Farmacéutica 2024 (EID 2024) realizada por Farmaindustria a sus laboratorios asociados. Esta serie cubre las fases de investigación y desarrollo (I+D), y entre noviembre y diciembre de 2024 desde 47 grupos empresariales, representativos de aproximadamente del 73,1% de la inversión pública en medicamentos originales, a los que se añade la estimación de la inversión en I+D de las compañías no asociadas a Farmaindustria y de la no respuesta, sobre la base de datos Profarma y de la CNMV, para obtener la cobertura del total de la industria farmacéutica.

Dentro de la categoría “inversión en I+D” se agrupan no solo inversiones o gastos de capital (inversión en equipos y activos materiales e inmateriales), sino también gastos corrientes como gastos de personal y servicios de terceros que no deben considerarse inversión TI. En sentido contrario, estas series no incluyen la inversión en innovación (“i”). Asimismo, se ha de tener en cuenta que una proporción significativa de la inversión en digitalización se realiza fuera del concepto de I+D.

Para capturar estas divergencias con respecto a nuestra variable de interés, esto es, la inversión digital del sector farmacéutico, se combinan dos supuestos centrales sobre la proporción digital de las series de I+D y sobre las inversiones digitales no incluidas como I+D. Por un lado, se asume una proporción creciente del componente digital dentro de la I+D, que pasa del 10% en 2000 al 15% en la actualidad, reflejando inversiones en inteligencia artificial y aprendizaje automático para el descubrimiento y diseño de fármacos, plataformas de analítica avanzada, automatización robótica de procesos y gemelos digitales en procesos de laboratorio y experimentales, así como plataformas digitales que permiten ensayos clínicos descentralizados, monitorización remota de pacientes y consentimiento informado electrónico. **Este supuesto es consistente con el hecho de que una parte mayoritaria de la I+D biomédica del sector se concentra en ensayos clínicos, que absorbieron el 63% de los 1.438 millones de euros destinados a esta rúbrica en 2023, alrededor de 900 millones de euros, y también con que una fracción muy significativa se canaliza a contratos de investigación con hospitales, universidades y centros públicos y privados (I+D extramuros).** Por otro lado, se incorpora una inversión digital adicional fuera de la I+D, asociada a modernización de arquitecturas de datos, integración de sistemas, ciberseguridad, capacitación tecnológica y marketing digital.

Sobre esta base, la inversión TIC del sector se estima en 431 millones de euros en 2023 y 460 millones en 2024, con una trayectoria de crecimiento medio superior al 10% anual desde 2000. Esta aproximación no sustituye una medición oficial, pero permite situar la conversación en magnitudes comparables y refuerza una prioridad operativa: robustecer la medición sectorial con instrumentos específicos para seguimiento periódico, comparabilidad y evaluación del retorno.²

En segundo lugar, se asume una inversión digital adicional fuera de la I+D, que aumenta progresivamente desde 2000 hasta alcanzar una magnitud comparable a la componente digital de la propia I+D en la actualidad. Este crecimiento refleja el avance de la digitalización en ámbitos como la modernización de arquitecturas de datos, las plataformas para integración de sistemas, la ciberseguridad y el cumplimiento regulatorio digital, la capacitación específica en tecnologías digitales y el marketing digital. En conjunto, esta evolución muestra cómo la inversión digital ha dejado de ser un mero soporte de la actividad para convertirse en un componente cada vez más integrado en la producción farmacéutica.

El cuadro siguiente recoge las series elaboradas específicamente para este informe, comparadas con las series de I+D a efectos ilustrativos. La inversión en I+D se habría elevado a 1.533 millones de euros en 2024, con un crecimiento anual promedio del 6% desde 2000 (y del 7% en el último quinquenio). La inversión en digitalización, estimada en 431 millones de euros en 2023 y 460 millones en 2024, habría sido aún más dinámica, con un crecimiento promedio superior al 10% anual. Este ejercicio de abajo arriba permite emplear series consistentes con las manejadas por la industria.

² Se realizaron dos ejercicios de sensibilidad, el primero manteniendo la proporción de inversión digital en el 10% del total, y el segundo elevándola gradualmente hasta el 20%. Ello determina una inversión TIC de entre 153 y 300 millones de euros en 2024.

	Inversion TI del sector farmaceutico Millones euros	I+D del sector farmaceutico Millones euros
2000	48	400
2001	53	420
2002	58	441
2003	65	463
2004	72	486
2005	78	511
2006	86	536
2007	95	562
2008	104	590
2009	114	620
2010	124	651
2011	134	683
2012	145	717
2013	157	752
2014	169	789
2015	183	828
2016	198	867
2017	213	911
2018	275	1,152
2019	297	1,212
2020	302	1,161
2021	349	1,267
2022	398	1,395
2023	431	1,438
2024	460	1,533
2025e	483	1,610

Fuente: Elaboración propia

Como ejercicio adicional se realiza un calculo ‘de arriba abajo’, empleando el informe de la consultora de mercados Future Data Stats (2023) *Digital Transformation in the Pharma Sector* que incluye proyecciones de la serie de inversión TI del sector a nivel mundial para el periodo 2023-2030. Según este análisis, el tamaño del mercado global de la transformación digital en el sector farmacéutico se valoró en 180.800 millones de dólares en 2022 y se prevé que se expanda a una tasa de crecimiento anual cercana al 20% (alcanzando un valor de 832.500 millones de dólares en 2030).

Dado que la I+D del sector farmacéutico en España representa aproximadamente un 1% de la I+D de la industria global, empleando datos de la Federación Europea de Industrias y Asociaciones Farmacéuticas, la inversión digital del sector podría elevarse a unos 1800 millones euros en 2022, (EFPIA, 2024). Dadas las estadísticas disponibles de inversión total del sector, este nivel de inversión digital se puede entender como un objetivo a medio plazo, siempre que las condiciones estructurales y regulatorias evolucionen favorablemente.

En el ejercicio empírico de la próxima sección se empleará la serie inicial elaborada para este informe, que puede considerarse la estimación central del impacto económico de la digitalización. El ejercicio de arriba abajo se interpreta, en cambio, como una referencia complementaria de potencial de medio plazo.

04

4. Impacto económico de la industria farmacéutica en España: análisis input-output

Las secciones previas han descrito someramente la transformación digital de la industria farmacéutica y la evidencia reciente sobre su adopción de tecnologías de la información y las comunicaciones. En este capítulo se da un paso adicional al cuantificar el impacto económico del sector farmacéutico sobre la economía española mediante el uso de tablas input-output. Para ello, se estiman los efectos directos, indirectos e inducidos asociados tanto a la fabricación de medicamentos como a las actividades de I+D vinculadas al sector, ofreciendo una medida integrada de su contribución al valor añadido y a la producción nacional.

4.1 Delimitación del análisis y alcance económico

El análisis se centra en el sector farmacéutico incorporando tanto la fabricación de medicamentos como las actividades de I+D directamente vinculadas a su desarrollo. Esta aproximación permite capturar no solo el impacto industrial del sector, sino también su dimensión científica y tecnológica, clave para entender su capacidad de arrastre económico y su papel como generador de empleo cualificado y conocimiento.

Las estimaciones se basan en las tablas input-output elaboradas por el Instituto Nacional de Estadística, aplicadas a los niveles efectivos de producción y valor añadido observados en 2023. El detalle completo de la metodología empleada, la definición de los distintos tipos de impacto económico, así como la delimitación sectorial y los supuestos técnicos adoptados, se recogen de forma exhaustiva en el anexo metodológico (Anexo A), con el fin de preservar la trazabilidad y la transparencia del ejercicio sin interrumpir la exposición de los resultados principales.

4.2 Impacto económico de la actividad de fabricación del sector farmacéutico

En 2023, la producción de la industria farmacéutica en España ascendió a 20.380 millones de euros y el valor añadido bruto generado directamente por su actividad productiva alcanzó los 8.643 millones de euros. Estas magnitudes sitúan a la fabricación farmacéutica como una de las actividades industriales de mayor productividad de la economía española.

En términos relativos, la fabricación de medicamentos representa aproximadamente el 0,63% del valor añadido bruto total de la economía española y el 0,73% de la producción total. Estas cifras sitúan al sector farmacéutico entre las actividades industriales con mayor contribución directa al PIB, a pesar de su menor peso en términos de empleo, lo que pone de manifiesto su carácter intensivo en capital y tecnología.

Más allá de su contribución directa, la actividad de fabricación farmacéutica genera un efecto de arrastre significativo sobre el resto de la economía a través de sus relaciones con sectores proveedores y del consumo derivado de las rentas salariales generadas. Como resultado de estos encadenamientos productivos, al incorporar los efectos indirectos e inducidos, el impacto económico total asociado a la fabricación farmacéutica en España en 2023 asciende a 17.733 millones de euros de valor añadido bruto, lo que equivale aproximadamente al 1,3% del VAB nacional. Esta cifra se refiere exclusivamente a la fabricación farmacéutica. Para facilitar la comparación, estimaciones más amplias como las de AFI (2025) sitúan el impacto del conjunto

del sector en torno a 27.000 millones de euros de valor añadido, al incorporar un perímetro más amplio de actividades.

En términos de producción total de bienes y servicios, considerando conjuntamente los efectos directos, indirectos e inducidos, la actividad de fabricación farmacéutica genera un impacto estimado de 60.357 millones de euros, lo que representa alrededor del 2,2% de la producción total de la economía española. Estos resultados confirman el papel del sector farmacéutico como un sector tractor, con una capacidad de generación de actividad económica que se extiende ampliamente más allá de su perímetro industrial directo.

Resultados estimados para la producción farmacéutica³

	Valor añadido bruto (2023, M€)
Impacto directo	8.643
Impacto indirecto	4.556
Impacto inducido	4.534
Impacto total	17.733

Fuente: Elaboración propia

Estos resultados consolidan a la industria farmacéutica como un potente dinamizador económico, con efectos que se propagan mucho más allá de sus límites sectoriales. Su capacidad de arrastre sobre la cadena de proveedores, junto con su contribución al consumo nacional a través de la generación de renta, refuerzan su papel estratégico tanto en términos industriales como macroeconómicos.

Más allá de su vertiente industrial, la dimensión investigadora del sector farmacéutico amplifica su relevancia estructural. A continuación, se analiza el efecto económico de la actividad de I+D vinculada al desarrollo de medicamentos y terapias.

4.3 Impacto económico de la I+D vinculada al sector farmacéutico

El sector farmacéutico despliega una intensa actividad en investigación y desarrollo (I+D), imprescindible para el descubrimiento de nuevos medicamentos, vacunas y terapias avanzadas. Esta dimensión científica, aunque menos visible desde una perspectiva industrial clásica, constituye un pilar estratégico del ecosistema farmacéutico español y genera importantes efectos económicos en sectores intensivos en conocimiento, tecnología y servicios avanzados.

La estimación del impacto económico de la I+D farmacéutica se apoya en la misma lógica input-output aplicada al análisis de la fabricación, incorporando las particularidades propias de las actividades de investigación y desarrollo. El detalle metodológico completo de esta estimación se recoge en el **Anexo A**.

³ El detalle de los multiplicadores utilizados y de los supuestos de cálculo se recoge en el **Anexo A**.

Aplicando esta metodología, en 2023, el valor añadido bruto generado directamente por las actividades de I+D vinculadas al sector farmacéutico se estima en 1.888 millones de euros, con una producción directa asociada de 2.666 millones de euros. Estas cifras reflejan la elevada productividad de las actividades de investigación farmacéutica y su peso creciente dentro del conjunto del sistema productivo.

Al incorporar los efectos indirectos e inducidos asociados a estas actividades, el impacto económico total de la I+D farmacéutica en España asciende a 4.206 millones de euros de valor añadido bruto y a 6.998 millones de euros de producción total, lo que confirma la elevada productividad y capacidad de arrastre de estas actividades intensivas en conocimiento. Aunque el impacto directo es menor que el asociado a la fabricación, los efectos indirectos e inducidos son significativos, reflejando la densidad de los encadenamientos productivos y la sensibilidad del sistema económico a las inversiones en investigación avanzada.

Resultados estimados para la I+D farmacéutica

	Valor añadido bruto (2023, M€)
Impacto directo	1.888
Impacto indirecto	785
Impacto inducido	1.533
Impacto total	4.206

Fuente: Elaboración propia

La incorporación de la dimensión de I+D permite completar el perfil económico del sector farmacéutico, mostrando que su relevancia no se limita a la fabricación de medicamentos, sino que abarca también los procesos científicos que los hacen posibles. La I+D farmacéutica actúa así como un multiplicador económico de amplio espectro, con efectos sostenidos en competitividad, innovación y capacidad tecnológica del conjunto de la economía española.

4.4 Impacto económico total del sector farmacéutico: fabricación e I+D

La integración de los resultados correspondientes a la actividad de fabricación y a la I+D farmacéutica permite obtener una visión completa y cuantificada del papel que desempeña el sector en la economía española⁴.

- La fabricación de productos farmacéuticos (CPA 21) generó en 2023 un impacto directo de 8.643 millones de euros, acompañado de 4.556 millones en impacto indirecto y 4.534 millones en impacto inducido, sumando un total de 17.733 millones de euros en valor añadido bruto (VAB).

⁴ Aunque los multiplicadores empleados derivan de la estructura productiva observada en 2021, su aplicación sobre los niveles efectivos de producción y valor añadido de 2023 permite obtener una estimación robusta y actualizada del impacto económico agregado del sector.

- Por su parte, la I+D farmacéutica (aproximada a partir de las ramas 7211 y 7219 dentro del CPA 72) contribuyó con un impacto directo de 1.888 millones, un impacto indirecto de 785 millones y un efecto inducido de 1.533 millones, lo que representa un VAB total adicional de 4.206 millones de euros.

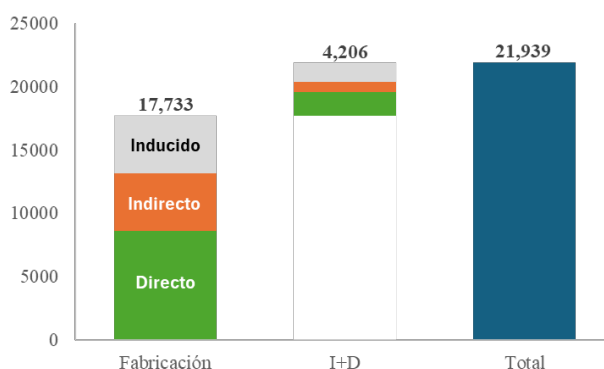
Este resultado implica que el sector farmacéutico, incluyendo fabricación e I+D, generó un impacto total estimado de 21.939 millones de euros en VAB, lo que equivale aproximadamente a un 1,6% del valor añadido bruto nacional (VAB total de 1.366.751 millones de euros según el INE). Además, si se considera la producción total generada por los efectos directos, indirectos e inducidos del sector (es decir, sin descontar consumos intermedios), el impacto asciende a 67.356 millones de euros, lo que representa en torno al 2,4% de la producción total de bienes y servicios de la economía española. Este resultado refleja no solo su relevancia como productor de bienes de alto valor añadido, sino también su condición de sector tractor que articula cadenas de suministro complejas, activa redes de conocimiento y canaliza renta hacia el consumo privado, extendiendo sus efectos más allá de sus fronteras industriales.

Impacto económico del sector farmacéutico (Valor añadido bruto, M€)

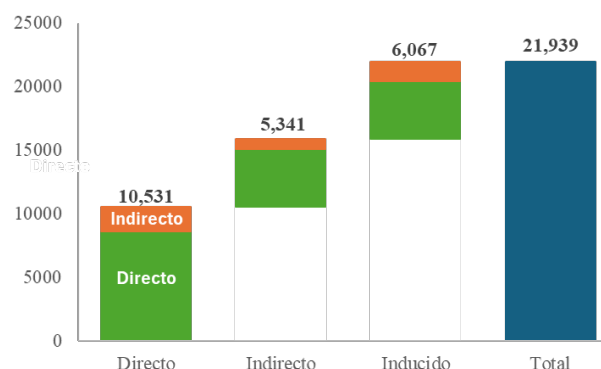
	<i>VAB fabricación</i>	<i>VAB I+D</i>	<i>VAB total</i>
Impacto directo	8.643	1.888	10.531
Impacto indirecto	4.556	785	5.341
Impacto inducido	4.534	1.533	6.067
Impacto total	17.733	4.206	21.939

Fuente: Elaboración propia

Impacto económico del sector farmacéutico por CNAE (VAB, M€)



Impacto económico del sector farmacéutico por canal de impacto (VAB, M€)



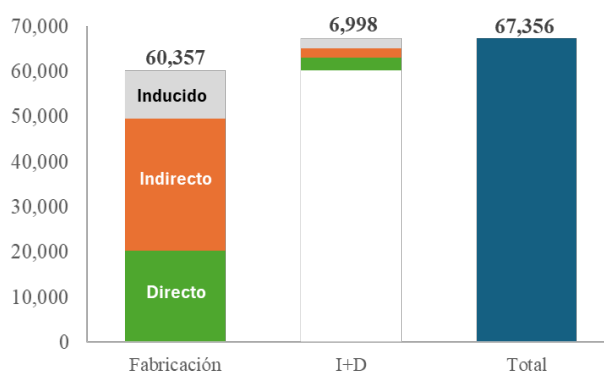
Fuente: Elaboración propia

Impacto económico del sector farmacéutico (Producción total generada, M€)

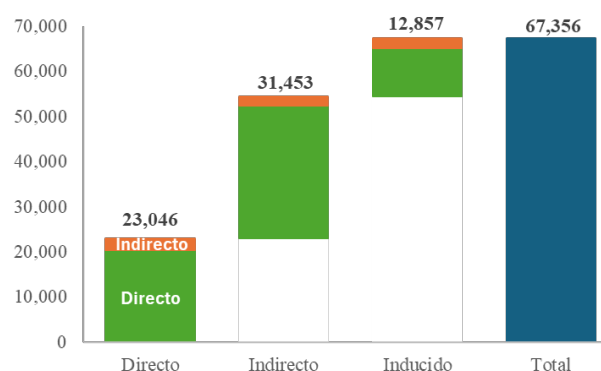
	<i>Producción fabricación</i>	<i>Producción I&D</i>	<i>Producción total</i>
Impacto directo	20.380	2.666	23.046
Impacto indirecto	29.286	2.167	31.453
Impacto inducido	10.691	2.165	12.857
Impacto total	60.357	6.998	67.356

Fuente: Elaboración propia

Impacto económico del sector farmacéutico por CNAE (Producción, M€)



Impacto económico del sector farmacéutico por canal de impacto (Producción, M€)



Fuente: Elaboración propia

Esta combinación de capacidades productivas e innovadoras consolida al sector farmacéutico como uno de los multiplicadores económicos más potentes de la economía española. Su impacto directo es relativamente contenido, pero su efecto estructural sobre la demanda

intersectorial y el consumo lo posiciona como un sector tractor con amplia capacidad de arrastre, generación de empleo cualificado y articulación de cadenas de valor complejas. Su peso conjunto, superior al 1,5% del VAB nacional, refuerza su rol estratégico en términos de política industrial, innovación y competitividad.

En conjunto, las cifras anteriores permiten dimensionar el papel del sector farmacéutico en la economía española: en torno a 21.900 millones de euros de VAB y más de 67.000 millones de producción total generada, equivalentes aproximadamente al 1,6% del VAB y al 2,4% de la producción nacional, lo sitúan como uno de los sectores tractores de mayor intensidad tecnológica. Dentro de este agregado, una fracción relevante, del orden de 4.200 millones de euros, cercana a una quinta parte del VAB sectorial, se origina en actividades de I+D, que refuerzan su capacidad de arrastre sobre el empleo cualificado y la difusión de conocimiento. En conjunto, estos resultados consolidan al sector farmacéutico como un pilar estructural de la economía española, no solo por su elevada productividad directa, sino por su capacidad de irradiar actividad, conocimiento y renta a lo largo de toda la red productiva nacional.

Estas estimaciones se sitúan por debajo de otras referencias disponibles, como el informe *Contribución socioeconómica de los medicamentos y de la industria farmacéutica en España* (Afi-Farmaindustria, 2025), que cuantifica en 27.200 millones de euros el impacto total del sector en términos de valor añadido (1,9% del PIB). Esta diferencia no refleja una discrepancia en los resultados, sino enfoques metodológicos y perímetros de análisis distintos. Mientras que el presente ejercicio aplica de forma conservadora los multiplicadores oficiales de las tablas input-output del INE sobre niveles efectivos de producción e I+D correspondientes a 2023, el informe de Afi adopta una aproximación agregada a nivel de empresas, con un perímetro más amplio, que incorpora márgenes comerciales, servicios auxiliares e impactos extendidos del ecosistema farmacéutico. En este sentido, ambos enfoques son complementarios y coinciden en subrayar el elevado efecto multiplicador del sector y su relevancia estructural en términos de innovación, empleo cualificado y competitividad industrial.

Sobre esta base cuantitativa, en la siguiente sección se recurre a un modelo de función de producción para descomponer el crecimiento y analizar cómo la combinación de capital, trabajo y esfuerzo tecnológico asociado al sector farmacéutico contribuye al dinamismo del VAB agregado de la economía.

05

5. Impacto económico de la digitalización del sector farmacéutico en España en un modelo de crecimiento

La inversión privada en tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) por parte de la industria farmacéutica posee el potencial de actuar como revulsivo de la actividad económica, no solo en el propio sector sino en el conjunto de la economía. En primer lugar, hablamos de un volumen creciente de inversión con elevada intensidad tecnológica que, cuando se orienta hacia activos TIC con retorno demostrable (hardware especializado, software científico e industrial, plataformas de datos, automatización y comunicaciones de alto rendimiento), eleva el stock de capital productivo y desplaza al alza la frontera de posibilidades de producción. En segundo lugar, esta inversión abre una ventana de oportunidad para la digitalización transversal de procesos, desde I+D y ensayos hasta fabricación, calidad y logística, y para el desarrollo tecnológico aplicado, generando externalidades de conocimiento y efectos de demostración sobre proveedores y servicios avanzados. En tercer lugar, la inversión TIC exige y a la vez induce un salto en la cualificación laboral: perfila y expande la demanda de científicos de datos, bioinformáticos, ingenieros de automatización, especialistas en validación y calidad, y perfiles de software y ciberseguridad industrial. Esta complementariedad capital-habilidad (capital-skill complementarity) contribuye no solo a la productividad, sino también a mejorar la calidad del empleo y las trayectorias salariales.

El efecto macroeconómico efectivo dependerá, naturalmente, de la orientación micro de los proyectos, su calidad de ejecución, y la capacidad de absorción del tejido productivo para integrar nuevas tecnologías y rutinas. La medición rigurosa de estos impactos requiere separar con claridad la acumulación de factores, donde el capital TIC se incorpora como activo reproducible, de las mejoras de eficiencia asociadas a la adopción, el aprendizaje y la cualificación. Esa es precisamente la función del marco metodológico que emplearemos más adelante.

La tarea empírica consiste en medir de manera transparente qué parte del crecimiento agregado proviene de acumulación, incluida la acumulación de capital TIC, y qué parte responde a mejoras de eficiencia atribuibles a la adopción tecnológica y a la cualificación del trabajo. Para ello, en lo que sigue implementamos un marco de función de producción en dos etapas: partimos de una especificación CES⁵ como paraguas teórico que admite sustitución entre insumos y cambio técnico sesgado; y trabajamos operativamente con una Cobb-Douglas para la descomposición del crecimiento. En esa descomposición, la eficiencia se abre explícitamente en dos motores observables, capital TIC y trabajo cualificado, y un residuo que capta la parte no explicada por dichas variables. En este marco, la productividad total de los factores se interpreta de forma ampliada, permitiendo identificar dentro de ella componentes observables asociados a la digitalización, como el capital TIC y el empleo cualificado. Todas las contribuciones se reportarán en puntos porcentuales sobre el crecimiento del producto real, garantizando coherencia contable, trazabilidad y replicabilidad del análisis.

⁵ CES (Constant Elasticity of Substitution) se refiere a una clase de funciones de producción que permiten una elasticidad de sustitución constante entre factores productivos. En el límite, la función Cobb-Douglas constituye un caso particular de CES con elasticidad de sustitución unitaria.

Para ordenar la exposición y mantener la trazabilidad sin interrumpir la lectura, la metodología completa y la construcción de datos se documentan en anexos, mientras que el cuerpo del capítulo se concentra en los resultados y su interpretación.

- Este ejercicio se apoya en un marco de contabilidad del crecimiento basado en función de producción para separar acumulación de factores (capital y trabajo) de eficiencia, e identificar dentro de la productividad el papel del capital TIC y del empleo cualificado, dejando un residuo que asegura el cierre contable (véase Anexo B).
- El análisis utiliza series coherentes con Contabilidad Nacional para PIB e inversión por activos, construye stocks de capital total y capital TIC mediante inventario perpetuo y aproxima el empleo cualificado a partir de la estructura educativa aplicada a las horas trabajadas (véase Anexo C).

5.1 Impacto de la inversión TIC en la economía española

Tras la presentación de la metodología y las fuentes de datos, pasamos a cuantificar, primero, las contribuciones al crecimiento de los factores de la función de producción, capital (K) y trabajo (L), y el residuo de productividad total de los factores (A); y, segundo, descomponemos A en la contribución directa del capital tecnológico (K^T) y del empleo cualificado (L^C), dejando como R la fracción no explicada. En lo que sigue, reportamos (i) tasas de crecimiento y contribuciones en p. p., (ii) su traducción a niveles de PIB en euros constantes SEC-2020 cuando es relevante para la interpretación económica, y (iii) un contraste sectorial que identifica la aportación específica del capital TIC farmacéutica, K^{TF} , dentro del agregado de capital TIC, K^T , mediante ponderaciones Törnqvist⁶. Nuestro objetivo es capturar efectos estructurales recientes de la digitalización, por lo que priorizamos el periodo 2023–2024, periodo en el que la economía y el sector farmacéutico operan en condiciones más estables tras la disrupción pandémica, minimizando la influencia de efectos base y ajustes transitorios observados en 2020–2022, que podrían distorsionar las contribuciones y su interpretación.

El crecimiento reciente puede descomponerse de forma transparente en una parte extensiva, ligada a la acumulación de capital (K) y trabajo (L) ($\alpha \Delta \ln(K)$ y $\beta \Delta \ln(L)$, respectivamente), y una parte intensiva, que opera vía productividad total de los factores (A). En nuestro marco, las contribuciones extensivas recogen el incremento del stock de capital y de la cantidad de trabajo empleada, mientras que los motores de innovación que empujan la productividad se identifican con el capital tecnológico K^T , en sentido amplio, asociado a activos TIC, y con el empleo cualificado L^C ($\gamma \Delta \ln(K^T)$ y $\theta \Delta \ln(L^C)$); el remanente se denota por R . Estos motores intensivos también generan externalidades positivas sobre el conjunto de la economía: la acumulación de K^T y el aumento de L^C tienden a elevar la demanda de servicios avanzados (TIC, ingeniería, consultoría y servicios científicos y técnicos) y a difundir estándares de datos e interoperabilidad hacia actividades complementarias, incluido el sistema sanitario. En consecuencia, una parte del efecto de la digitalización puede interpretarse como arrastre y difusión de productividad hacia el conjunto de la economía, más allá del impacto directo dentro del sector farmacéutico.

⁶ Todas las cifras se construyen con series anuales coherentes con la CNA/SEC-2020 y con pesos anclados en participaciones de renta.

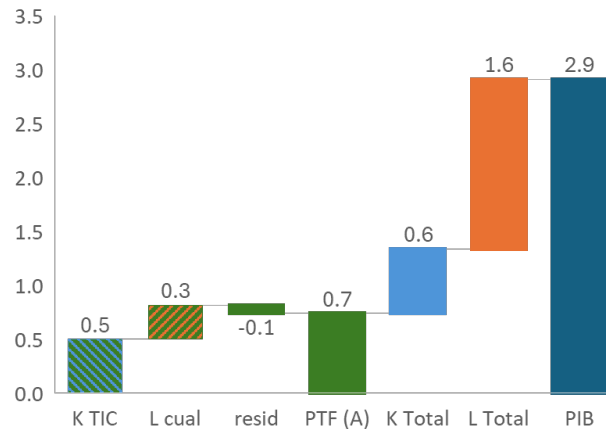
Con esta sintaxis, los años 2023 y 2024 ofrecen una lectura clara y estable: por el lado extensivo, K aporta 0,54 p. p. en 2023 y 0,66 p. p. en 2024; por el lado intensivo, K^T contribuye de forma directa a la productividad con 0,58 p. p. en 2023 y 0,60 p. p. en 2024, y L^c añade 0,10 p. p. y 0,24 p. p. respectivamente (todo en puntos porcentuales de crecimiento). La contribución del trabajo total L es asimismo relevante, situándose en 1,58 p.p. en 2023 y 1,33 p.p. en 2024, y representa el ajuste de cantidades de empleo, mientras que L^c captura el componente cualitativo de la fuerza de trabajo.

Concentrándonos en la suma del bienio 2023–2024 y usando métricas relativas al stock, la comparación entre K y K^T evidencia la importancia macro de la digitalización. En términos de PIB real generado, K^T aporta en conjunto aproximadamente 17,5 miles de millones de euros, cerca de 8,48 en 2023 y 8,99 en 2024, frente a aproximadamente 17,8 miles de millones del capital total, cerca de 7,90 y 9,89, respectivamente. Sin embargo, al normalizar por el tamaño del acervo, la asimetría es contundente: el stock tecnológico crece sensiblemente más rápido que el stock agregado⁷, en torno al 5% anual frente a aproximadamente el 1,7%, de modo que la intensidad de contribución de K^T sobre su propio stock resulta muy superior a la del capital medio. En promedio del bienio, ello sugiere que, en términos de contribución al crecimiento por unidad de stock, K^T presenta una intensidad del orden de veinte veces superior a la del capital agregado. Esta sobrerrepresentación del impacto de K^T respecto a su tamaño es el hecho relevante: pese a representar una fracción menor del stock total, el capital tecnológico se traduce en un efecto sobre el PIB comparable al de K gracias a su mayor ritmo de acumulación y a que su efecto opera directamente sobre la eficiencia.

La intensidad de contribución de K^T , medida como la contribución anual al PIB en niveles dividida por el stock medio correspondiente, se sitúa en torno al 4,1 por ciento del stock por año en 2023–2024, mientras que la del capital total se ubica en el intervalo 0,17–0,21 por ciento del stock por año. Esta normalización por el tamaño del acervo permite comparar palancas de distinta escala y muestra que, aun siendo un subconjunto menor del capital agregado, K^T ejerce una capacidad de tracción sobre el PIB muy superior por unidad de stock. La métrica es robusta a la elección razonable del denominador, ya sea stock al inicio o stock medio del periodo, y pone de relieve que el efecto de eficiencia asociado a la digitalización, combinado con tasas de acumulación sensiblemente más elevadas, sobrerrepresenta a K^T en la contabilidad del crecimiento frente al capital promedio.

⁷ La inversión TIC (FBKF TIC) representa \approx 13–14% de la inversión total en 2023–2024; no obstante, en contabilidad del crecimiento el objeto de comparación principal son los stocks y sus tasas de variación, no los flujos anuales de inversión, que son más volátiles.

Contribución al crecimiento del PIB (2023-2024)

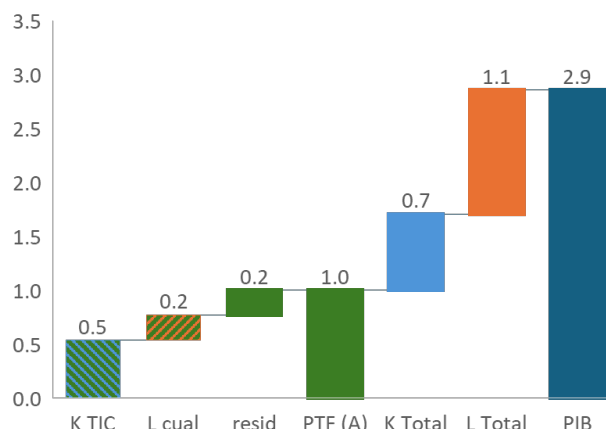


Fuente: Elaboración propia

Si agregamos la aportación del bloque intensivo, esto es, K^T y L^c , el mensaje se refuerza: la contribución conjunta alcanza aproximadamente 22,5 miles de millones de euros en el bienio, 9,94 en 2023 y 12,58 en 2024. Esta suma es coherente con la complementariedad entre tecnología y cualificación: el avance de L^c está motivado por la inversión en TIC, que reconfigura procesos y eleva la complejidad de tareas, mientras que una mayor cualificación eleva el rendimiento del capital tecnológico. El resultado es un empuje combinado que, aun partiendo de un acervo tecnológico menor que el del capital total, está sobrerrepresentado en su aportación al crecimiento cuando se evalúa en relación con su tamaño en el stock de capital.

Añadiendo 2025, con la cautela de que se trata todavía de estimaciones, la lectura se mantiene sustancialmente invariante. Por el lado extensivo, el capital (K) seguiría aportando del orden de medio punto largo a tres cuartos de punto de crecimiento, coherente con un aumento moderado del stock agregado. Por el lado intensivo, el capital tecnológico (K^T) volvería a situarse en un entorno próximo al medio punto largo de contribución directa a la productividad, ligeramente por debajo de 2024, y el empleo cualificado (L^c) mantendría una aportación positiva, de menor tamaño que en 2024, pero claramente significativa. En conjunto, el bloque intensivo, $K^T + L^c$, seguiría proporcionando un empuje a A de magnitud comparable al observado en 2023–2024, y claramente superior a su peso en el stock. Aun partiendo de un acervo tecnológico reducido frente al capital total, la intensidad de contribución de K^T , y su complementariedad con L^c , continúan sobrerrepresentadas en términos de PIB. La implicación es que, incluso en 2025, los razonamientos relativos, basados en contribución sobre PIB frente a tamaño del capital, conducen a conclusiones análogas: la digitalización sostiene una fracción sustantiva del crecimiento y lo hacen con una eficiencia relativa superior a la del capital promedio.

Contribución al crecimiento del PIB (estimado 2025)



Fuente: Elaboración propia

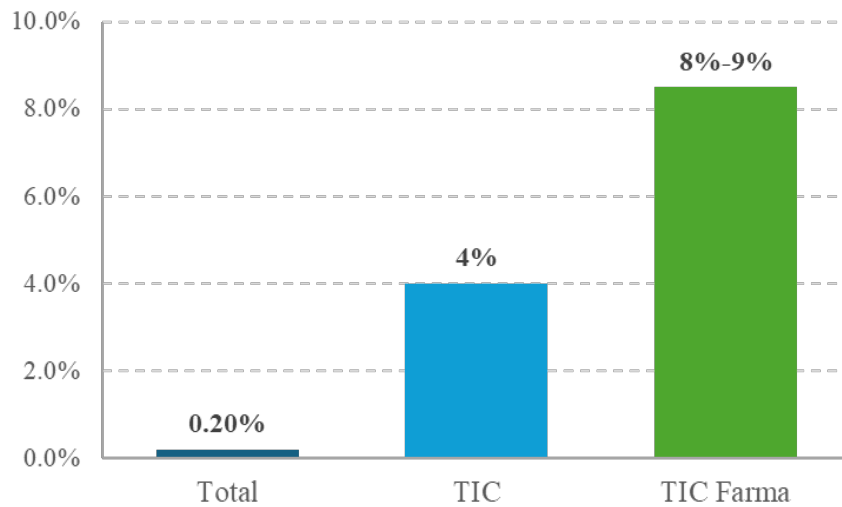
Incorporación del capital TIC en el sector farmacéutico

Incorporamos ahora la dimensión sectorial del capital tecnológico del sector farmacéutico (K^{TF}). En el bienio 2023–2024, el stock de K^{TF} crece de forma sostenida y por encima tanto del K^T agregado como del capital total (K): mientras K avanza en torno al 1,7% anual, K^T lo hace alrededor del 5%, y K^{TF} alcanza ritmos del orden de 6–7%, según las series de stock y tasas de crecimiento recogidas en el Anexo C, ganando cuota dentro del acervo tecnológico nacional (aproximadamente de 0,85% a 0,90%). Esta combinación de mayores tasas de acumulación y aumento de peso relativo se traduce en una contribución creciente a la productividad total de los factores (A) y, por esa vía, al PIB.

El procedimiento de ponderación Törnqvist utilizado para atribuir la contribución de K^{TF} al agregado se describe en el Anexo B. Aplicando este esquema, la aportación directa de K^{TF} a la productividad, A , es de aproximadamente 0,010 p. p. en 2023 y de 0,010–0,011 p. p. en 2024, lo que equivale a 0,15–0,16 miles de millones de euros reales por año. En la suma del bienio, el impulso agregado de K^{TF} se sitúa en torno a 0,30–0,31 miles de millones de euros, cifra coherente con su tamaño aún reducido, pero con un dinamismo superior al promedio, y consistente con la evidencia de complementariedad con el empleo cualificado (L^C).

Como en el apartado anterior, es útil expresar estas aportaciones en términos relativos al stock. En 2023–2024, la intensidad de contribución al crecimiento del K^T agregado se sitúa en torno al 4,1% del stock por año, mientras que la del capital total se ubica aproximadamente entre el 0,17% y el 0,21%. Para K^{TF} , la traducción a niveles de PIB frente a su propio stock sugiere que su intensidad sería superior a la del capital TIC agregado (4%), pudiendo situarse en el entorno del 8–9% del stock por año. En otras palabras, por unidad de stock, el capital TIC farmacéutico presenta una intensidad de contribución al crecimiento aproximadamente del orden del doble que la del capital TIC agregado y varias decenas de veces superior a la del capital total. En suma, pese a su acervo reducido, K^{TF} aporta más de lo que su tamaño sugeriría, tanto por su mayor ritmo de acumulación como por operar por la vía de la eficiencia, y en combinación con L^C , impulsa un bloque intensivo cuya contribución al PIB resulta desproporcionada respecto a su peso en el stock.

Contribución al crecimiento del PIB por unidad de capital (2023-24)



Fuente: Elaboración propia

Añadiendo 2025, con la cautela de que se trata todavía de estimaciones, la lectura para el capital TIC farmacéutico (K^{TF}) es análoga a la del agregado tecnológico. El stock de K^{TF} mantendría un ritmo de acumulación elevado, previsiblemente algo más moderado que en 2024, pero aún por encima del crecimiento de K^T y muy superior al de K , por lo que su cuota dentro del acervo tecnológico nacional seguiría avanzando ligeramente. Bajo este escenario, la contribución directa de K^{TF} a la productividad total de los factores (A) se situaría en el entorno de la décima de punto porcentual ($\approx 0,010$ p. p.) también en 2025, lo que, al traducirse a niveles de PIB con el procedimiento habitual, implicaría unos 0,15 miles de millones de euros en términos reales SEC-2020. Expresado en relación con su propio stock, la intensidad de contribución de K^{TF} se mantendría claramente por encima de la del capital medio y próxima a la del K^T agregado, coherente con su mayor dinamismo y con el hecho de operar por la vía de la eficiencia. En suma, aun con datos provisionales, K^{TF} seguiría aportando más de lo que su tamaño sugeriría y, en combinación con L^c , reforzaría en 2025 el bloque intensivo como palanca desproporcionadamente efectiva del crecimiento.

06

6. Conclusiones

Este informe analiza la digitalización del sector farmacéutico en España como un fenómeno económico cuantificable, vinculando la transformación tecnológica con resultados observables en actividad, valor añadido y productividad. El enfoque combina dos planos complementarios: por un lado, la medición estructural del impacto y de los encadenamientos sectoriales mediante tablas input-output; por otro, un marco de función de producción y contabilidad del crecimiento orientado a identificar el papel del capital TIC y del empleo cualificado en la dinámica agregada. Esta doble aproximación permite interpretar la inversión tecnológica como un determinante observable del desempeño económico del sector y de su contribución al crecimiento.

Desde la perspectiva input-output, los resultados confirman que el sector farmacéutico opera como generador de valor y como tractor de actividad en el conjunto de la economía, tanto por su contribución directa como por los efectos indirectos e inducidos a través de proveedores y demanda asociada. En 2023, el impacto total estimado de la fabricación y la I+D vinculada alcanza 21.939 millones de euros de VAB y 67.356 millones de euros de producción, con un componente de I+D que representa aproximadamente una quinta parte del VAB total, reflejando un perfil intensivo en conocimiento y tecnología.

En el plano macroeconómico, la contabilidad del crecimiento pone en valor la relevancia de la inversión TIC como palanca de productividad, con una capacidad de contribución desproporcionada respecto a su peso en el acervo de factores. En 2023-2024, el capital TIC aporta en torno a 0,6 puntos porcentuales anuales al crecimiento de la productividad y, en niveles, se asocia a aproximadamente 17,5 miles de millones de euros de PIB real en el bienio. Cuando se considera conjuntamente con el empleo cualificado, la contribución acumulada se sitúa en torno a 22,5 miles de millones de euros. Este patrón es consistente con la elevada intensidad del capital TIC, cuya contribución al crecimiento por unidad de stock resulta muy superior a la del capital medio, en el entorno de veinte veces, lo que permite interpretar la digitalización como un motor macroeconómico medible y trazable.

La desagregación sectorial refuerza esa lectura. El capital TIC farmacéutico, aun con un peso reducido dentro del acervo tecnológico nacional, muestra un dinamismo superior y una capacidad de aportación elevada en relación con su tamaño. En particular, su ritmo de acumulación es superior al observado para el capital TIC agregado, pudiendo alcanzar hasta en torno al doble en determinados periodos. Expresado en términos relativos al stock, ello sugiere una intensidad de contribución al crecimiento aproximadamente del orden del doble que la del capital TIC agregado y varias decenas de veces superior a la del capital total, lo que resulta coherente con un sector que combina procesos complejos, alta exigencia regulatoria y una dependencia estructural de datos, automatización y capacidades avanzadas.

En conjunto, la evidencia del informe converge en una conclusión integrada: el sector farmacéutico combina un impacto económico significativo y un perfil intensivo en innovación, y dentro de ese marco la inversión TIC emerge como el vector que mejor captura la traslación de la transformación digital a resultados económicos observables. La combinación de capital TIC y empleo cualificado articula mejoras de eficiencia y capacidad tecnológica a lo largo de la cadena de valor, y sitúa a la digitalización farmacéutica no solo como un proceso de modernización interna, sino como un activo económico relevante tanto para la competitividad

del sector como para la dinámica agregada de productividad y crecimiento de la economía española.

07

7. Referencias

- AFI (2025a). *Contribución socioeconómica de los medicamentos y de la industria farmacéutica en España*. <https://www.afi.es/publicaciones-e-informes/contribucion-socioeconomica-medicamentos-industria-farmaeutica-espana>
- AFI (2025b). *La gran oportunidad: España como hub mundial de innovación y producción de medicamentos*. <https://www.afi.es/publicaciones-e-informes/oportunidad-espana-hub-mundial-innovacion-produccion-medicamentos>
- Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios AEMPS (2024). *España, líder europeo en investigación clínica de medicamentos* <https://www.aemps.gob.es/informa-en/espana-lider-europeo-en-investigacion-clinica-de-medicamentos/>
- Artificial Intelligence in Regulatory Compliance: Transforming Pharmaceutical and Healthcare Documentation. https://www.researchgate.net/publication/394056226_Artificial_Intelligence_in_Regulatory_Compliance_Transforming_Pharmaceutical_and_Healthcare_Documentation
- Comisión Europea (2020). *Una Estrategia Farmacéutica para Europa*. https://health.ec.europa.eu/medicinal-products/pharmaceutical-strategy-europe_es
- Comisión Europea (2025). *Reglamento relativo al Espacio Europeo de Datos de Salud (EEDS)*. https://health.ec.europa.eu/ehealth-digital-health-and-care/european-health-data-space-regulation-ehds_es
- Dhage, S. S. (2025). *The evolution and impact of manufacturing execution systems in pharmaceutical manufacturing*. World Journal of Advanced Research and Reviews, 1389–1398. https://journalwjarr.com/sites/default/files/fulltext_pdf/WJARR-2025-1389.pdf
- European Federation of Pharmaceutical Industries and Associations EFPIA (2024). *The Pharmaceutical Industry in Figures*. <https://efpia.eu/media/2rxdkn43/the-pharmaceutical-industry-in-figures-2024.pdf>
- European Federation of Pharmaceutical Industries and Associations EFPIA (2024) *Assessing the clinical trial ecosystem in Europe*. <https://www.efpia.eu/media/0ipkatpg/efpia-ct-report-embargoed-221024-final.pdf>
- Estrategia de la Industria Farmacéutica 2024-2028* <https://www.ciencia.gob.es/Noticias/2024/Diciembre/estrategia-farmaceutica.html>
- EU AI Act* <https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20230601STO93804/eu-ai-act-first-regulation-on-artificial-intelligence>
- European Medicines Agency (EMA). (2023). *Guideline on computerised systems and electronic data in clinical trials (EMA/INS/GCP/112288/2023)*. European Medicines Agency.
- European Medicines Agency (EMA). (2024). *Reflection paper on the use of artificial intelligence (AI) in the medicinal product lifecycle*. European Medicines Agency. https://www.ema.europa.eu/en/documents/scientific-guideline/reflection-paper-use-artificial-intelligence-ai-medicinal-product-lifecycle_en.pdf
- Farmaindustria. (2025a). *Más de ocho de cada diez ensayos clínicos que se realizan en España los promueve la industria farmacéutica*. <https://www.Farmaindustria.es/web/otra-noticia/mas-de-ocho-de-cada-10-ensayos-clinicos-que-se-realizan-en-espana-los-promueve-la-industria-farmaceutica>
- Farmaindustria (2025b). *La industria farmacéutica apuesta por España con inversiones de 9.000 millones de euros* <https://www.Farmaindustria.es/web/prensa/notas-de-prensa/2025/02/12/la-industria-farmaceutica-apuesta-por-espana-con-inversiones-de-9-000-millones-de-euros-y-pide-al>

[presidente-del-gobierno-seguir-apoyando-reformas-legislativas-que-favorezcan-la-innovacion-la-autonom/](#)

Farmaindustria (2025c). *Encuesta de I+D en la industria farmacéutica EID 2024*.

<https://www.Farmaindustria.es/web/prensa/notas-de-prensa/2025/05/20/la-inversion-en-id-de-las-companias-farmaceuticas-innovadoras-supera-los-1-500-millones-de-euros-en-2024/>

Farmaindustria. (2024). *Encuesta de I+D en la industria farmacéutica (EID 2024)*.

<https://www.Farmaindustria.es/web/wp-content/uploads/sites/2/2025/05/Resultados-Encuesta-ID-2024.pdf>

Farmaindustria. (2024). *España es el país de Europa con una mayor participación en ensayos clínicos de nuevos medicamentos*. <https://www.Farmaindustria.es/web/otra-noticia/espana-es-el-pais-de-europa-con-una-mayor-participacion-en-ensayos-clinicos-de-nuevos-medicamentos>

Farmaindustria. (2024). *Sostenibilidad en cifras. Impacto social y medioambiental de la industria farmacéutica*. <https://www.Farmaindustria.es/web/wp-content/uploads/sites/2/2024/10/Informe-Sostenibilidad-ESG-2024.pdf>

Farmaindustria. (2023). *Empleo en la industria farmacéutica 2023*.

<https://www.Farmaindustria.es/web/wp-content/uploads/sites/2/2024/06/Resultados-Encuesta-Empleo-2023.pdf>

Food and Drug Administration (FDA). (2025). *Artificial Intelligence for Drug Development*. Center for Drug Evaluation and Research (CDER), U.S. Food and Drug Administration. <https://www.fda.gov/about-fda/center-drug-evaluation-and-research-cder/artificial-intelligence-drug-development>

Food and Drug Administration (FDA). (2023). *Cybersecurity in medical devices: Quality system considerations and content of premarket submissions* (Guidance for Industry and FDA Staff). <https://www.fda.gov/regulatory-information/search-fda-guidance-documents/cybersecurity-medical-devices-quality-system-considerations-and-content-premarket-submissions>

Future Data Stats (2023). *Digital Transformation in the Pharmaceutical Market: Size, Share, Trends and Competitive Analysis*. <https://www.futuredatastats.com/digital-transformation-in-the-pharmaceutical-market#:~:text=The%20global%20Digital%20Transformation%20in,USD%20832.50%20billion%20by%202030>

Huanbutta, K., Burapapadh, K., Kraisit, P., Sriamornsak, P., Ganokratanaa, T., Suwanpitak, K., & Sangnim, T. (2024). Artificial intelligence-driven pharmaceutical industry: A paradigm shift in drug discovery, formulation development, manufacturing, quality control, and post-market surveillance. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, 203, 106938

Insilco Medicine. (2024). First Generative AI Drug Begins Phase II Trials with Patients. https://insilico.com/blog/first_phase2

Intuition Labs (2025). *Pharma's AI skills gap: A 2025 data-driven analysis*. <https://intuitionlabs.ai/articles/pharma-ai-skills-gap>

ISPE (2022). *Driving Biopharma Solutions with Digital Technologies*. <https://ispe.org/pharmaceutical-engineering/january-february-2022/driving-biopharma-solutions-digital-technologies>

Li, J., Surineni, K., & Prabhakaran, S. (2025). *Cyber-attacks on hospital systems: A narrative review*. *Journal of Clinical and Biomedical Sciences*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2950386825000103>

-
- Maharjan, R., et al. (2025). *Transformative roles of digital twins from drug discovery to continuous manufacturing: pharmaceutical and biopharmaceutical perspectives*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590156725000945>.
- McKinsey (2025). *Faster, smarter trials: Modernizing biopharma's R&D IT applications*. <https://www.mckinsey.com/industries/life-sciences/our-insights/faster-smarter-trials-modernizing-biopharmas-r-and-d-it-applications>
- McKinsey (2024a). *Early adoption of generative AI in commercial life sciences* <https://www.mckinsey.com/industries/life-sciences/our-insights/early-adoption-of-generative-ai-in-commercial-life-sciences>
- McKinsey (2024b). *Generative AI in the pharmaceutical industry: Moving from hype to reality* <https://www.mckinsey.com/industries/life-sciences/our-insights/generative-ai-in-the-pharmaceutical-industry-moving-from-hype-to-reality>
- McKinsey (2023). *The economic potential of generative AI: The next productivity frontier* <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-economic-potential-of-generative-ai-the-next-productivity-frontier>
- Melguizo, A. (2025). "Deep pockets, DeepSeek, and the EU's digital drift". *ECFR Commentary* <https://ecfr.eu/article/deep-pockets-deepseek-and-the-eus-digital-drift/>
- Ministerio de Sanidad (2021). *Estrategia de Salud digital SNS*. https://www.sanidad.gob.es/areas/saludDigital/doc/Estrategia_de_Salud_Digital_del_SNS.pdf
- Ministerio de Sanidad. (2024). *Estrategia de la Industria Farmacéutica 2024-2028*. https://www.sanidad.gob.es/areas/farmacia/infoIndustria/docs/Estrategia_de_la_industria_farmaceutica.pdf
- Novartis (2019). *Novartis and Microsoft announce AI Innovation Lab*. <https://www.novartis.com/news/novartis-and-microsoft-announce-collaboration-transform-medicine-artificial-intelligence>
- Parhad, V. B. (2025). *Architecting a GxP-compliant data lakehouse for pharma: Leveraging Azure Databricks for regulated analytics*. *Journal of Information Systems Engineering and Management*.
- Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2022). *Regulación (EU) 2022/1925* (Reglamento de Mercados Digitales). Diario oficial de la Unión Europea. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022R1925>
- Reglamento relativo al Espacio Europeo de Datos de Salud (EEDS)* https://health.ec.europa.eu/ehealth-digital-health-and-care/european-health-data-space-regulation-ehds_es
- Reinhardt, K., Zauner, V., Duckworth, Y. & Kane, P. (2025). From theory to practice: A skill-management framework for a Pharma 4.0™ ready workforce. *Pharmaceutical Engineering*. <https://ispe.org/pharmaceutical-engineering/march-april-2025/skill-management-framework-pharma-40tm-workforce>
- Reuters (2024). *Lilly partners with OpenAI to develop medicines for drug-resistant bacteria*. Reuters. <https://www.reuters.com/business/healthcare-pharmaceuticals/lilly-partners-with-openai-develop-medicines-drug-resistant-bacteria-2024-06-25>
- Sanofi (2024). <https://www.sanofi.com/en/our-company/our-strategy>
- Scitara Corporation (2022). *Building the interconnected laboratory: Data mobility to support digital transformation*. <https://scitara.com/wp-content/uploads/2022/10/article-building-the-interconnected-Lab-EN20220303Rev2.pdf>

-
- Ullagaddi, P. (2024). *Digital transformation in the pharmaceutical industry: Enhancing quality management systems and regulatory compliance*. *International Journal of Health Sciences*, 12(1), 31-43.
https://www.researchgate.net/publication/382969234_Digital_Transformation_in_the_Pharmaceutical_Industry_Enhancing_Quality_Management_Systems_and_Regulatory_Compliance
- Unión Europea. (2023). *Cybersecurity of network and information systems: Summary of Directive (EU) 2022/2555 on measures for a high common level of cybersecurity across the Union*. EUR-Lex
- Vistatec. (2025). *Optimizing Human-Machine Collaboration When Using Digital Twins in Global Biopharma Manufacturing*. <https://www.vistatec.com/optimizing-human-machine-collaboration-when-using-digital-twins-in-global-biopharma-manufacturing/>

ANEXO A

08

8. Anexo A: Metodología del análisis input-output del impacto económico del sector farmacéutico en España

A.1 Marco general del análisis input-output

Las tablas input-output (I-O) son una herramienta fundamental en la contabilidad nacional y el análisis estructural de la economía. Elaboradas por organismos estadísticos como el Instituto Nacional de Estadística (INE), estas tablas representan un mapa detallado de las interdependencias productivas entre los distintos sectores de una economía. Cada fila de la tabla refleja cómo un sector distribuye su producción hacia otros sectores y hacia la demanda final (consumo, inversión, exportaciones), mientras que cada columna muestra de qué sectores obtiene insumos un determinado sector para llevar a cabo su proceso productivo. Este sistema, formalizado inicialmente por Wassily Leontief, permite cuantificar tanto los flujos intersectoriales como el valor añadido generado, y constituye la base para calcular efectos multiplicadores ante shocks de demanda.

A.2. Tipología de impactos económicos

En este marco, el análisis del impacto económico de un sector se descompone habitualmente en impacto directo, indirecto e inducido:

1. El impacto directo recoge el valor generado exclusivamente por la propia actividad del sector, es decir, su producción y el valor añadido bruto (VAB) sin considerar los efectos sobre otros sectores. También incluye el empleo y la renta generados por las unidades productivas del propio sector.
2. El impacto indirecto refleja los efectos en el resto de la economía derivados de la demanda de insumos que realiza el sector para producir. Por ejemplo, la industria farmacéutica demanda productos químicos, servicios logísticos, envases, electricidad, entre otros, lo que genera actividad económica en sus sectores proveedores. Este efecto se estima multiplicando un vector de demanda final por la matriz inversa de Leontief, que recoge los encadenamientos intersectoriales internos.
3. El impacto inducido surge cuando los ingresos generados (salarios y excedentes) por los impactos directo e indirecto se traducen en consumo adicional de los hogares, generando a su vez más producción y empleo en sectores como comercio, servicios personales o vivienda. Este componente se estima aplicando una propensión marginal al consumo sobre la masa salarial generada y convirtiendo ese consumo adicional en producción y VAB mediante coeficientes sectoriales representativos.

El análisis que se presenta en este documento estima estos tres tipos de impacto para el sector farmacéutico en España utilizando las tablas input-output publicadas por el INE para el año 2021, aplicadas sobre los niveles de producción y valor añadido efectivamente observados en 2023, también publicados por el INE. Aunque los multiplicadores obtenidos de las tablas I-O reflejan la estructura productiva de 2021, su aplicación sobre los datos actualizados de 2023 permite aproximar de forma robusta los efectos agregados del sector sobre la economía española.

A.3 Delimitación sectorial del sector farmacéutico

Desde el punto de vista de la Clasificación de Productos por Actividades (CPA), la actividad principal se localiza en la rama CPA 21, que agrupa tanto la fabricación de productos farmacéuticos de base como la elaboración de preparados farmacéuticos.

No obstante, una parte significativa del valor económico del sector se genera también fuera del proceso productivo estrictamente industrial, en particular a través de actividades de investigación y desarrollo (I+D), que se registran en la rama CPA 72. En esta última se incluyen las unidades dedicadas a la investigación en biotecnología (CNAE 7211) y otras ciencias naturales aplicadas (CNAE 7219), con una proporción sustancial orientada al desarrollo farmacéutico.

Con el fin de reflejar adecuadamente esta doble naturaleza del sector farmacéutico, se ha optado por organizar el análisis en dos apartados complementarios. En primer lugar, se estimará el impacto económico derivado de su actividad de fabricación, incluyendo los efectos directos, indirectos e inducidos asociados a la producción de medicamentos. En segundo lugar, se evaluará el impacto de la actividad de I+D farmacéutica, aproximada a partir de la fracción de las ramas de investigación vinculadas al desarrollo de productos farmacológicos. Esta distinción permite capturar no solo el peso productivo del sector, sino también su papel como generador de conocimiento, empleo cualificado y externalidades económicas de gran alcance.

A.4 Metodología de estimación del impacto económico de la fabricación farmacéutica

El impacto indirecto del sector farmacéutico en la economía española surge de la demanda de bienes y servicios intermedios que requiere para su funcionamiento. Estas compras (como principios activos, productos químicos, envases, servicios logísticos, energéticos o profesionales) generan a su vez actividad económica en sectores proveedores, que a su vez demandan insumos a terceros, provocando una cadena de efectos multiplicadores en el sistema productivo. Esta dinámica se captura de forma rigurosa mediante la matriz inversa interior de Leontief, contenida en las tablas input-output del INE, que permite estimar el efecto agregado de una perturbación de demanda final sobre el conjunto de la economía.

Aplicando el multiplicador de valor añadido interior correspondiente al sector farmacéutico (rama CPA 21), según las tablas input-output de 2021, se estima que, por cada euro de valor añadido generado directamente por el sector, se producen 1,527 euros adicionales en el resto de la economía. Considerando que el valor añadido directo del sector farmacéutico fue de 8.643 millones de euros en 2023, el impacto indirecto asciende a 4.556 millones de euros, distribuidos entre las ramas que actúan como proveedoras del sector.

En términos de producción, utilizando el multiplicador interior de producción (también derivado de la matriz inversa, con un valor de 2,437), se estima que los 20.380 millones de euros de producción directa generaron aproximadamente 29.286 millones adicionales en producción indirecta, alcanzando un total de 49.666 millones de euros de producción inducida en la economía. El impacto se concentra especialmente en sectores como la industria química, los servicios técnicos profesionales, el comercio minorista, los servicios logísticos y de transporte, así como actividades intensivas en infraestructura básica, como el tratamiento de agua y la

energía. Esta cifra pone de manifiesto el importante efecto de arrastre que ejerce la actividad farmacéutica sobre el conjunto del tejido productivo español.

El impacto inducido refleja el efecto económico adicional generado por el consumo de los trabajadores directa e indirectamente vinculados a la actividad del sector. A diferencia del impacto directo (la actividad generada por el propio sector) y del impacto indirecto (la actividad generada en sectores proveedores), el impacto inducido surge cuando los ingresos generados por el conjunto de la cadena de valor se transforman en consumo privado, lo que a su vez activa una nueva ronda de producción en sectores orientados al consumo final (como comercio, vivienda, transporte o servicios personales).

Para su estimación se emplea una metodología en dos etapas. En primer lugar, se calcula la masa salarial total, asumiendo que el 60% del VAB se distribuye como remuneración de los asalariados. En segundo lugar, se aplica una propensión marginal al consumo del 75%, coherente con los supuestos de informes previos y con los patrones de gasto reflejados en la Encuesta de Presupuestos Familiares del INE. Aplicando estas proporciones al VAB directo (8.643 millones de euros) e indirecto (4.556 millones de euros), se estima una masa salarial conjunta de 7.919 millones de euros. Esta renta da lugar a un consumo adicional de aproximadamente 5.940 millones de euros. Este nuevo gasto se convierte en producción y valor añadido aplicando un coeficiente representativo del sector farmacéutico. En suma, se estima que el impacto inducido asciende a 10.691 millones de euros en producción y 4.534 millones en VAB.

A.5 Metodología de estimación del impacto económico de la I+D farmacéutica

En las tablas input output del INE, la actividad de I+D se recoge en la rama CPA 72, que agrupa el conjunto de servicios científicos y técnicos de creación de conocimiento. Para aislar la parte específicamente vinculada a la industria farmacéutica dentro del CPA 72, se ha empleado una aproximación basada en la composición interna del sector, combinando datos de las tablas input-output con fuentes complementarias como ASEBIO, Farmaindustria y el CDTI. En particular, se ha considerado que aproximadamente el 20% del valor añadido bruto (VAB) del CPA 72 corresponde a la rama 7211 (investigación en biotecnología), de la cual se estima que un 65% está orientado a salud humana y farmacia. Asimismo, alrededor del 35% del VAB de CPA 72 se asocia a la rama 7219 (otras actividades de I+D en ciencias naturales y técnicas), con una vinculación estimada del 20% al ámbito farmacéutico^{8,9}.

8 La distribución interna del CPA 72 se ha aproximado a partir de la Estadística sobre Actividades de I+D del Instituto Nacional de Estadística (INE), que publica el gasto interno en I+D ejecutado por rama de actividad (CNAE). En los últimos datos disponibles (INE, 2022), la CNAE 7211 (investigación en biotecnología) concentra aproximadamente el 19,9% del gasto total en servicios de I+D, mientras que la CNAE 7219 (otras actividades de investigación en ciencias naturales y técnicas) representa en torno al 34,9%.

Dado que el sector de servicios de I+D presenta una elevada intensidad en trabajo cualificado y una baja utilización de consumos intermedios, el gasto interno en I+D constituye una proxy razonable de la distribución del valor añadido bruto (VAB) entre ramas dentro del CPA 72. Esta aproximación es habitual en análisis estructurales de I+D y resulta coherente con la contabilidad nacional, en ausencia de una desagregación directa del VAB por CNAE a este nivel de detalle.

9 La vinculación de las actividades de I+D con el ámbito farmacéutico se ha estimado a partir de evidencia sectorial y administrativa. En el caso de la biotecnología (CNAE 7211), diversos informes sectoriales indican que entre el 60% y el 70% de la actividad se orienta a salud humana y desarrollo farmacéutico. En particular, el Informe ASEBIO

Esta descomposición conduce a una estimación global del 22,5% del VAB del CPA 72 atribuible a la I+D farmacéutica, permitiendo aplicar de forma consistente la misma metodología utilizada para el análisis de la actividad de fabricación. El resultado incorpora así una dimensión intangible pero decisiva del ecosistema farmacéutico español, con importantes implicaciones en términos de conocimiento, empleo cualificado y capacidad multiplicadora.

Aplicando esta proporción al VAB total del CPA 72 en 2023, que ascendió a 8.391 millones de euros según el INE, el valor añadido directo atribuible a la I+D farmacéutica se estima en 1.888 millones de euros, lo que implica una producción directa asociada de 2.666 millones de euros, utilizando un coeficiente VAB/producción del 71% característico de actividades intensivas en conocimiento y baja utilización de insumos materiales.

El impacto indirecto asociado se obtiene aplicando la matriz inversa de Leontief correspondiente a la rama CPA 72 sobre la producción directa estimada. Según los coeficientes sectoriales del INE, por cada euro de producción en I+D se generan aproximadamente 1,416 euros de producción adicional en el conjunto del sistema productivo. Aplicando este multiplicador se estima un impacto indirecto total de 785 millones de euros adicionales de valor añadido, concentrados especialmente en servicios profesionales y técnicos, actividades de consultoría, servicios informáticos, suministro de equipos especializados y, en menor medida, ramas industriales relacionadas con bioprocesos y equipamiento científico. Asimismo, dada la relación VAB/producción en I+D, el impacto indirecto en producción asciende a 2.167 millones de euros.

Por su parte, el impacto inducido surge del consumo generado por los salarios asociados tanto al impacto directo como al indirecto. Asumiendo que el 60% del VAB se distribuye como remuneración a los trabajadores y que el 75% de esa renta se transforma en gasto en consumo, el volumen de gasto adicional asciende a unos 1.203 millones de euros, lo que genera 2.165 millones de euros adicionales de producción y 1.533 millones de euros de VAB inducido.

2023 señala que aproximadamente el 63% de las empresas biotecnológicas en España desarrollan su actividad principal en el ámbito de la salud humana, incluyendo medicamentos, terapias avanzadas y diagnóstico.

En el caso de la CNAE 7219 (otras actividades de I+D en ciencias naturales y técnicas), la vinculación con la industria farmacéutica es más indirecta y se canaliza principalmente a través de proyectos colaborativos, servicios científicos especializados y transferencia de conocimiento. Datos del CDTI sobre la distribución sectorial de los proyectos de I+D financiados muestran que en torno al 15–25% de los proyectos ejecutados en estas ramas están relacionados con salud, biotecnología o desarrollo farmacéutico. Sobre esta base, se adopta de forma conservadora una proporción del 20% como estimación representativa de la vinculación efectiva de estas actividades con el sector farmacéutico.

Estas proporciones permiten aislar la componente farmacéutica de la I+D con un criterio prudente y coherente con la evidencia disponible, evitando tanto la infravaloración de los encadenamientos científicos como una sobreestimación de su impacto económico.

ANEXO B

09

9. Anexo B. Metodología y datos del modelo de crecimiento para estimar el impacto económico de la digitalización del sector farmacéutico en España

B.0 Alcance del anexo

Este anexo recoge (i) el desarrollo detallado de canales macro y sectoriales que motivan el marco, (ii) la metodología completa de función de producción, especificación y dinámica de acumulación, (iii) el párrafo metodológico de ponderaciones Törnqvist para la contribución sectorial del capital TIC farmacéutico.

B.1 Canales macro y sectoriales de transmisión de la inversión TIC

Desde un punto de vista analítico, la inversión TIC genera efectos beneficiosos en el corto, medio y largo plazo a través de un conjunto amplio de canales. Por un lado, canales macro/transversales que afectan al conjunto de la economía; por otro, canales sectoriales que concretan esos mecanismos en la industria farmacéutica. En todos los casos, sus efectos se leen en el marco de contabilidad del crecimiento como acumulación (mayor stock de capital, con énfasis en capital tecnológico) y eficiencia (aumentos de productividad asociados a la adopción tecnológica y a la cualificación del trabajo).

A continuación se sintetizan los canales macro/transversales más relevantes, aquellos que operan sobre el conjunto de la economía y que luego se proyectan hacia los sectores:

- M1. Arrastres intersectoriales e inversión inducida: la inversión TIC en sectores tractoros, incluido el farmacéutico, expande la demanda hacia proveedores nacionales de equipos, software, ingeniería y servicios avanzados, que a su vez invierten y mejoran su productividad (multiplicadores input-output), amplificando el impacto sobre el PIB más allá del sector origen.
- M2. Spillovers de productividad hacia otros sectores: la imitación y adaptación de estándares de datos, automatización y analítica desarrollados en sectores pioneros genera ganancias de productividad total de los factores en industrias no necesariamente intensivas en inversión TIC, extendiendo las mejoras de eficiencia más allá del perímetro inicial.
- M3. Reasignación eficiente de recursos (efecto selección): la adopción TIC ensancha la dispersión de productividad entre empresas y facilita la reasignación de capital y trabajo hacia las más eficientes, elevando la productividad agregada incluso con cambios modestos en la media por firma.
- M4. Capitalización del stock TIC y crecimiento potencial: la acumulación del stock TIC agregado aumenta la contribución del capital (vía capital TIC) y, por complementariedades, la eficiencia (A), desplazando al alza la senda del crecimiento potencial de la economía.

-
- M5. Skill upgrading agregado: la inversión TIC incrementa la demanda relativa de perfiles cualificados y acelera la recualificación en el conjunto del mercado de trabajo, elevando el capital humano a escala país y reforzando la productividad tendencial.
 - M6. Estabilidad cíclica, competitividad externa y efectos de red: la mejora de previsión y gestión (inventarios, planificación) reduce la volatilidad del producto agregado; las ganancias de calidad/coste favorecen la competitividad internacional; y la interoperabilidad de sistemas y datos entre sectores genera externalidades de red con rendimientos crecientes.
 - M7. Precios relativos y profundización de capital TIC: la caída del precio relativo de bienes y servicios TIC incentiva la sustitución hacia estos activos, acelerando la profundización de capital TIC en la composición del capital nacional; contablemente, aumenta la contribución del capital y, por complementariedades con la fuerza laboral cualificada, refuerza la productividad.
 - M8. Eficiencia energética habilitada por TIC: la digitalización de la gestión energética (control avanzado de utilidades, mantenimiento predictivo, optimización térmica y eléctrica) reduce el coste variable por unidad en múltiples sectores, elevando la productividad agregada y reforzando la resiliencia ante shocks de precios energéticos.

Estos mecanismos agregados toman forma concreta en cada rama productiva. En la industria farmacéutica, por su intensidad digital y contenido científico, se materializan en mejoras operativas, de I+D, calidad, cadena de suministro y capital humano que canalizan la contribución de la inversión TIC hacia el agregado. En particular:

- F1. Productividad de operaciones y calidad regulada: modernización de redes industriales y edge/cloud, control de planta (DCS/PLC), robótica, visión y gemelos digitales que reducen costes unitarios, acortan lead times, elevan OEE y disminuyen paradas no planificadas; junto con validación electrónica, trazabilidad/serialización y registro en tiempo real (GxP) que recortan desviaciones, mermas y costes de no calidad, sosteniendo la escalabilidad en entornos regulados.
- F2. I+D y ensayos clínicos intensivos en datos: software científico y plataformas de datos clínicos (captura remota, pipelines, analítica/IA) que elevan la productividad de la I+D, mejoran la calidad de la evidencia y acortan fases críticas, reforzando la eficiencia dinámica del sector.
- F3. Cadena de suministro, servicio y disponibilidad para el paciente: planificación basada en datos y trazabilidad digital extremo a extremo que reducen roturas, optimizan inventarios y mejoran el nivel de servicio, con impacto directo en costes y en la disponibilidad de medicamentos.
- F4. Capital humano y complementariedad capital-habilidad: la inversión TIC incrementa la demanda de perfiles técnicos y analíticos (datos biomédicos, bioinformática, automatización, validación, ciberseguridad industrial) y recualifica ocupaciones existentes, elevando el componente de calidad del trabajo en el modelo.
- F5. Difusión intra-sector y capital intangible complementario: estandarización de datos y patrones de automatización entre plantas/centros (aprendizaje cruzado) y

profundización en protocolos, documentación técnica, design-for-quality y formación interna, que potencian el rendimiento del capital TIC y afloran en eficiencia y calidad del trabajo.

- F6. Escalabilidad sectorial y proyección exterior: integración en cadenas globales de valor (trazabilidad, auditoría, documentación) y expansión exportadora en segmentos de alta exigencia técnica; señales de escala que atraen inversión privada complementaria (proveedores, know-how, talento) y reducen riesgos operativos (mantenimiento predictivo, continuidad), estabilizando la trayectoria de crecimiento.
- F7. Ciclo de vida regulatorio y evidencia del mundo real: digitalización de farmacovigilancia, gestión de RWE y expedientes electrónicos (por ejemplo, eCTD) que reduce tiempos y costes de mantenimiento regulatorio, facilita extensiones de indicación y estabiliza el ciclo de producto; en términos del modelo, incrementa A al permitir mayor volumen con los mismos recursos.

En conjunto, el mapa de canales anteriores describe un mecanismo coherente por el que la inversión TIC, impulsada desde la industria farmacéutica, se transmite al resto de la economía combinando acumulación de capital, elevación de la calidad del trabajo y mejoras de eficiencia operativa y organizativa. Su efecto neto sobre el crecimiento dependerá de la composición de los proyectos, de su calidad de ejecución y de la capacidad de absorción tecnológica, pero la concurrencia de arrastres intersectoriales, *spillovers* de conocimiento y señales de escala sugiere impactos que trascienden el perímetro sectorial. Esta lectura orienta la interpretación de resultados: si las contribuciones atribuibles a TIC y cualificación ganan peso sostenido, existe base contable para afirmar que la transformación digital está desplazando al alza la senda del crecimiento potencial y reforzando la competitividad.

B.2 Metodología del modelo de crecimiento (función de producción y descomposición)

B.2.1 Propósito del enfoque y criterios de uso

La síntesis de canales macro y sectoriales ofrece una narrativa operativa de cómo la inversión TIC, especialmente la realizada por la industria farmacéutica, se convierte en crecimiento medible a través de acumulación y eficiencia. Para traducir esa narrativa en métricas comparables y trazables, damos ahora el paso desde la descripción económica al modelo productivo que utilizaremos en la descomposición del crecimiento.

Este informe adopta un enfoque de función de producción para medir, con coherencia contable y trazabilidad, la contribución de la inversión TIC y del trabajo cualificado al crecimiento de la economía española y, en particular, al VAB de la industria farmacéutica. La elección no es puramente formal: responde a necesidades operativas de medición, comparación y comunicación con decisores que requieren un marco parco, reproducible y alineado con las cuentas nacionales.

- **Claridad conceptual:** Una función de producción resume de manera nítida la relación entre insumos y producto: el output real (Y) resulta de combinar capital (K), trabajo (L) y un componente de eficiencia (A). Esta estructura separa “cantidad de factores” de “calidad/uso” de esos factores, evitando mezclar acumulación con eficiencia. Para los

objetivos de este informe, además, permite abrir A en dos motores observables y directamente vinculados a la transformación digital, capital TIC (K^T) y trabajo cualificado (L^c), y un residuo que recoge avances no observados por dichas variables.

- **Atribución empírica y lectura contable:** Sobre datos históricos y con ponderaciones ancladas en participaciones observadas de capital y trabajo, la contabilidad del crecimiento permite cuantificar las contribuciones de diferentes factores de producción al crecimiento económico, lo que ayuda a comprender la importancia relativa del trabajo, el capital y otros insumos para impulsar la expansión económica. Esta desagregación es transparente, replicable y comparable en el tiempo.
- **Pertinencia para decisiones de inversión:** El sector farmacéutico realiza inversión privada en activos TIC tangibles e intangibles (hardware especializado, software científico e industrial, datos, automatización). La función de producción permite cuantificar cómo esas decisiones se materializan, año a año, en más capital, en mejor productividad y en mayor componente de calidad del trabajo. La métrica en puntos porcentuales facilita traducir estrategias tecnológicas en impactos macro y sectoriales comparables.
- **Coherencia con las cuentas nacionales y sector-agregado:** El cómputo se realiza en volumen encadenado, con pesos derivados de participaciones de renta de capital y trabajo, y preserva la aditividad entre sector y agregado. Esto habilita dos lecturas complementarias: (i) cuánto aporta la inversión TIC “del conjunto” al PIB y (ii) cuánto aporta la inversión TIC del sector farmacéutico, ponderada por su peso, al PIB. El mismo marco sirve, por tanto, para el análisis sectorial y para el traslado al agregado mediante reglas de ponderación consistentes.
- **Comparabilidad (temporal, sectorial e internacional):** La forma funcional y la contabilidad del crecimiento permiten comparar periodos (antes/después de olas de inversión TIC), sectores (farmacéutico frente a manufacturas no TIC) y, cuando la disponibilidad de datos lo permite, países con metodologías afines. Esta comparabilidad ayuda a identificar si los cambios observados son específicos del sector o responden a tendencias generales de digitalización.
- **Diagnóstico de eficiencia y calidad del trabajo:** También nos permite analizar la asignación óptima de recursos para maximizar la producción. Ayuda a identificar la combinación de insumos que pueden conducir al uso más eficiente de los recursos, fomentando así el crecimiento económico. La lectura resultante distingue entre “hacer más de lo mismo” (acumular K y L) y “hacer mejor lo mismo” (aprovechar TIC y cualificación), lo que es clave para interpretar trayectorias de productividad.
- **Escenarios y sensibilidad:** El marco admite ejercicios de sensibilidad (por ejemplo, con pesos Tornqvist¹⁰ alternativos o con supuestos de mayor/menor profundización de capital tecnológico y empleo cualificado) y permite construir escenarios prospectivos

10 Los pesos Tornqvist corresponden a un esquema de ponderación basado en medias de participaciones de los factores en dos periodos consecutivos, ampliamente utilizado en contabilidad del crecimiento para aproximar agregaciones flexibles y consistentes con la teoría de índices.

consistentes con la descomposición histórica. Esto proporciona una base empírica para evaluar la consistencia entre planes de inversión y metas de crecimiento.

Todo ello se logra sin sacrificar parquedad ni comunicabilidad. Con pocos parámetros y variables de interpretación económica directa, el enfoque ofrece resultados comprensibles para equipos directivos y responsables de política. Cada contribución puede comunicarse como puntos porcentuales del crecimiento anual, sin perder rigor estadístico.

Por último, conviene reconocer sus límites. La función de producción no identifica causalidad estricta; entrega una atribución contable coherente. La apertura de la productividad reduce, pero no elimina, el residuo. La calidad de los resultados depende de la consistencia de deflatores, del método de construcción de los stocks de capital y capital TIC y del índice de empleo cualificado. Por ello, el análisis incorpora comprobaciones de cierre, sensibilidades y criterios homogéneos de medición. Aun con estas cautelas, la función de producción es, en este informe, la herramienta adecuada para cuantificar con trazabilidad el papel de la inversión TIC en el crecimiento agregado, separando acumulación de eficiencia, identificando el peso específico de capital TIC, y conectando decisiones de inversión con resultados económicos comparables y reproducibles.

B.2.2 Función de producción, definición de insumos y productividad

El punto de partida es una función de producción agregada con dos insumos y un componente de eficiencia:

$$Y_t = f(A_t, K_t, L_t),$$

En esta notación:

Y_t es la producción real (PIB) del periodo t, medida en volumen encadenado,

K_t representa el stock de capital total en volumen utilizados en el proceso de producción,

L_t recoge el insumo total del conjunto de la fuerza laboral, y

A_t es un índice de eficiencia o productividad total de los factores (PTF) que capta la eficacia con la que K y L se combinan para generar Y. En A_t se reflejan el progreso tecnológico, la adopción y el uso de TIC, mejoras organizativas y de procesos, aprendizaje, y otros factores no recogidos directamente por K y L.

El capital (K_t) incluye maquinaria, equipo, infraestructura, tecnología y cualquier otro activo duradero que facilite la producción de bienes y servicios. Dentro de K_t distinguimos el subcomponente K_t^T (activos TIC: hardware, equipo de comunicaciones, software, plataformas y bases de datos), cuya acumulación es central en este informe. Aumentar la cantidad de capital disponible para la producción habilita técnicas de producción más avanzadas y eficientes, eleva la capacidad productiva y, con ello, empuja a niveles superiores de producción.

El trabajo (L_t) abarca el esfuerzo humano y la fuerza laboral involucrada en el proceso de producción. Incluye trabajadores cualificados y no cualificados que contribuyen con sus habilidades, conocimientos y tiempo para producir bienes y servicios. Una fuerza laboral cualificada y educada es más productiva, lo que lleva a una mayor producción. Las mejoras en

la productividad laboral, logradas a través de la educación, la capacitación y los avances tecnológicos, contribuyen significativamente al crecimiento económico.

La PTF (A_t) captura la eficacia con la que se utilizan los insumos (capital y mano de obra) en el proceso de producción. Representa los efectos combinados del progreso tecnológico, la innovación, las mejoras de eficiencia y otros factores no medidos que influyen en el crecimiento económico. Los avances tecnológicos, la innovación y las mejoras en los métodos de producción pueden conducir a una mayor PTF, lo que resulta en mayores niveles de producción para una combinación dada de insumos. Una mayor PTF permite “producir más con lo mismo”, compensando la disminución de los rendimientos del capital y la mano de obra e impulsar un crecimiento económico sostenido.

B.2.3 Regla de imputación y apertura de la eficiencia

Para mantener la concisión del marco y, al mismo tiempo, atribuir correctamente las fuentes del crecimiento, separamos la acumulación de factores tradicionales de las palancas que inciden directamente sobre la PTF. La producción agregada se representa como $Y_t = A_t K_t^\alpha L_t^\beta$. Sus contribuciones al crecimiento se interpretan como acumulación pura de capital y trabajo. De forma complementaria, la eficiencia se descompone para identificar los determinantes observables que actúan directamente sobre A_t , separados de K_t y L_t :

$$A_t = a(K_t^T, L_t^C, R_t)$$

Aquí, K_t^T (capital TIC) y L_t^C (empleo cualificado, en horas o personas según disponibilidad) recogen la parte de la mejora de eficiencia asociada a digitalización y cualificación, mientras que R_t capta las ganancias no explicadas por esas palancas (organización, intangibles no tecnológicos, difusión, calidad regulatoria, aprendizaje, etc.). Esta formulación evita solapamientos: la cantidad de capital y trabajo se imputa a K_t y L_t , y los efectos de “uso/calidad” vinculados a tecnología y cualificación se asignan a A_t . Con ello, la contabilidad del crecimiento preserva la coherencia contable y proporciona una atribución transparente entre acumulación y eficiencia.

La inclusión de factores adicionales en la función de producción refleja el reconocimiento de que varios factores más allá del capital y el trabajo pueden desempeñar un papel importante en el impulso del crecimiento económico y la productividad. Esta función de producción permite la influencia conjunta de los insumos tradicionales (K y L) con la tecnología (A), el capital tecnológico y la mano de obra cualificada para determinar el nivel de producción económica.

B.2.4 Capital tecnológico K^T , papel dual y coherencia contable

La inclusión explícita del capital tecnológico (K^T) se justifica por un conjunto de razones económicas y operativas que afectan a la medición y a la interpretación de resultados. En términos económicos, K^T cumple un doble papel que conviene distinguir con precisión para evitar solapamientos: por un lado, es cantidad de factor, forma parte de K^T , y, como tal, su profundización incrementa la capacidad productiva; por otro lado, altera la forma en que se combinan los factores, uso/calidad, al habilitar automatización, analítica avanzada, control y trazabilidad, mejoras de calidad regulada y organización, cuyo impacto se lee en A . Esta

separación entre “cantidad” y “uso/calidad” no es un artificio: refleja dos mecanismos distintos por los que la tecnología opera en la producción y, a la vez, permite mantener la coherencia contable de la descomposición del crecimiento.

Desde la óptica de la acumulación, K^T representa un subconjunto específico del capital reproducible con alto contenido digital: hardware especializado y de propósito general, equipos de comunicaciones, software, plataformas y bases de datos, así como otros activos intangibles capitalizables asociados a la esfera digital (por ejemplo, determinados desarrollos internos de software cuando cumplen criterios de capitalización). La profundización de K^T expande el espacio de técnicas factibles, reduce fricciones de ajuste (por ejemplo, reconfiguración de líneas mediante control distribuido o gemelos digitales) y permite escalar volúmenes sin incrementar proporcionalmente insumos no tecnológicos. Esta vía se cuantifica íntegramente en el término K de la función de producción. Cualquier aumento de capital TIC (K^T) que incremente el stock de capital total (K) se imputa, por construcción, a la contribución del capital total.

Desde la óptica de la eficiencia, la misma inversión en K^T actúa como catalizador de mejoras en A : al introducir automatización y control, reduce paradas no planificadas y mermas; al desplegar plataformas de datos y analítica, mejora la planificación y el uso del capital existente; al digitalizar la calidad regulada, disminuye costes de no calidad y tiempos de ciclo; al estandarizar procesos, acelera el aprendizaje organizativo y la difusión de buenas prácticas. En el marco adoptado, estos efectos se atribuyen explícitamente a A , que incorpora el capital tecnológico como uno de los motores de su evolución. Esta regla de imputación evita la doble contabilidad: la cantidad de capital siempre se asigna a K ; los efectos de “uso/calidad” (eficiencia) a vinculados a digitalización se asignan a A .

La relevancia económica de distinguir K^T se refuerza por el comportamiento de precios relativos y por las complementariedades con el empleo cualificado (L^c). Primero, la caída del precio relativo de los bienes y servicios tecnológicos incentiva la sustitución hacia K^T y acelera la profundización digital del stock de capital. En términos de contabilidad del crecimiento, esta dinámica se captura a través de la construcción en volumen de K^T con deflatores específicos: si los precios de activos digitales disminuyen más deprisa que los del resto del capital, un mismo gasto nominal se traduce en mayores incrementos de K^T real. Segundo, las complementariedades capital–habilidad implican que la productividad marginal de K^T es mayor cuando L^c crece: sin perfiles con habilidades técnicas y analíticas, parte del potencial de K^T queda infrutilizado. En nuestra lectura, esa interacción se reconoce separando explícitamente el papel de K^T y L^c en el crecimiento de la productividad, sin duplicar su efecto en K y L .

Para que la inclusión de K^T sea operativa y defendible, la medición debe ser consistente con las cuentas nacionales. El stock K_t^T se construye mediante método de inventario perpetuo (PIM), con supuestos de vida útil y patrones de retiro apropiados al activo, y con deflatores específicos.

La inclusión de K^T captura además dimensiones dinámicas que trascienden la mera sustitución de tareas. La adopción tecnológica suele presentar curvas de aprendizaje y efectos de red: el rendimiento de plataformas y datos crece con el volumen y variedad de información utilizables, y con la interoperabilidad intra e inter-empresa. Estos mecanismos (economías de escala y de alcance en el dato, estandarización, difusión intra-sector) se materializan como aumentos de A en el tiempo sin necesidad de incrementar proporcionalmente K y L . Asimismo, K^T contribuye a

la resiliencia operativa: mantenimiento predictivo, continuidad de negocio, mejor planificación y menor volatilidad del output. Esta estabilización reduce pérdidas por shocks idiosincrásicos y permite trayectorias de crecimiento más suaves, algo que la contabilidad recoge parcialmente como eficiencia.

En suma, incorporar K^T de forma explícita permite separar con claridad lo que es acumulación de capital de lo que es mejora de eficiencia, alinear la medición con la Contabilidad Nacional y con la naturaleza específica de los activos tecnológicos, capturar mecanismos de aprendizaje, red y resiliencia que operan más allá del perímetro de la unidad que invierte, y ofrecer a decisores una lectura en puntos porcentuales de cuánto del crecimiento procede de profundización tecnológica (vía K y vía A) y cuánto responde a otros factores (L^c y residuo). Esta explicitud metodológica fortalece la trazabilidad del análisis y su utilidad para la toma de decisiones de inversión y de política sectorial.

B.2.5 Empleo cualificado L^c como motor de A , mecanismos y externalidades

Tras precisar el papel del capital tecnológico (K^T), completamos el encaje metodológico incorporando explícitamente el empleo cualificado (L^c) como consecuencia natural y como complemento operativo de la inversión tecnológica. La adopción y explotación efectiva de activos digitales, automatización, software avanzado, plataformas y datos, requieren capacidades técnicas y analíticas que no están contenidas en L en bloque. Por ello distinguimos, dentro del trabajo total, la fracción cualificada A , que tiene la capacidad de aportar al crecimiento de la productividad.

Con esta distinción, L conserva su papel como cantidad total de trabajo en la función de producción general $Y_t = f(A_t, K_t, L_t)$, mientras que L^c incide directamente en la eficiencia A cuando abrimos la PTF para identificar motores observables. La motivación económica es nítida: K^T y L^c son complementarios en el uso. A mayor penetración de capital tecnológico, mayor es la demanda y el retorno operativo de perfiles capaces de configurar, validar y operar sistemas digitales; simétricamente, una dotación más amplia de L^c permite extraer más rendimiento de los mismos activos, mejorando planificación, mantenimiento, control de procesos, calidad regulada y trazabilidad. Este encaje evita solapamientos: la cantidad de trabajo se imputa a L ; los efectos de “uso/calidad” asociados a la cualificación se imputan a A .

El impacto de L^c sobre A opera por varios canales que se refuerzan mutuamente. En la adopción, reduce costes de integración y acorta las curvas de aprendizaje, estabilizando el rendimiento de nuevas soluciones. En la explotación, eleva la calidad del uso de los activos existentes al mejorar la toma de decisiones operativas y analíticas, disminuir la variabilidad de procesos y recortar costes de no calidad y tiempos de ciclo. En la absorción de innovación, acelera la incorporación de mejoras incrementales (actualizaciones de software, nuevos módulos de control, analítica avanzada), de modo que una fracción mayor del potencial de K^T se materializa en A sin necesidad de aumentar proporcionalmente K o las horas totales de L .

Además, L^c genera externalidades positivas que trascienden el perímetro de la empresa. La movilidad y progresión profesional de trabajadores cualificados difunden prácticas y estándares (datos, automatización, calidad) hacia otras firmas y sectores; la demanda exigente de estos equipos empuja a proveedores de ingeniería, software y servicios a elevar su frontera tecnológica, que después reofrecen al resto del tejido productivo; y la documentación, los

protocolos y las plantillas de validación creados por equipos cualificados se convierten en capital intangible reutilizable con rendimientos de escala en su uso. Una masa crítica de L^c también mejora el matching entre problemas complejos y soluciones disponibles, reduce tiempos de implantación y dinamiza la competencia efectiva entre oferentes tecnológicos.

Cuando la inversión en K^T y la expansión de L^c se concentran en un sector tractor como la industria farmacéutica, estas externalidades adquieren un carácter sistémico. En el plano intersectorial, la normalización de estándares de datos clínicos y de fabricación, la trazabilidad avanzada o los patrones de automatización y control consolidados en la industria se trasladan a proveedores y, por su vía, abaratan y aceleran la adopción en terceros sectores (dispositivos médicos, alimentación, química fina, logística sanitaria). En el plano macro/transversal, los derrames se manifiestan como mejoras de A agregada por difusión de prácticas y software reutilizable, profundización de K^T en industrias contiguas a menores costes de adopción y fortalecimiento de clústeres regionales de talento y servicios avanzados que incrementan la densidad de L^c disponible. El resultado es una senda de eficiencia más elevada y estable, con impactos que trascienden el perímetro sectorial y refuerzan la transmisión de la inversión tecnológica hacia el conjunto de la economía.

En suma, la incorporación explícita de L^c en la apertura de la eficiencia está motivada por su papel de acelerador del aprovechamiento de K^T dentro de A , por su contribución directa a la calidad del uso de K y L , y por los derrames positivos que su masa crítica induce hacia proveedores, sectores conexos y el agregado. Esta formulación mantiene la sencillez del marco ($Y_t = f(A_t, K_t, L_t)$), preserva la coherencia contable (L para cantidad total de trabajo; K^T y L^c como motores de A) y prepara el paso a la especificación funcional de la tecnología y a la identidad de descomposición que utilizaremos en la medición empírica.

En síntesis, trabajaremos con una formulación sobria: $Y_t = f(A_t, K_t, L_t)$, abriendo A_t para identificar de forma trazable los motores observables vinculados al capital tecnológico (K^T) y al empleo cualificado (L^c), junto a un residuo. Esta separación entre acumulación (K, L) y eficiencia ($K^T, L^c, \text{residuo}$) permite medir con coherencia contable cómo la digitalización y la cualificación se traducen en crecimiento. A continuación, formalizamos la tecnología y la identidad de descomposición que emplearemos en la estimación: partimos de una especificación general y, sobre esa base, derivamos la forma operativa para reportar contribuciones en puntos porcentuales.

B.2.6 Especificación funcional, CES como paraguas y Cobb-Douglas operativa

Para pasar de la narrativa económico-sectorial a la medición, traducimos los mecanismos descritos —profundización del capital tecnológico (K^T), mayor dotación de empleo cualificado (L^c) y sus derrames— a un marco productivo que separa con claridad la acumulación de factores (K, L) de la eficiencia (A), y preserva la coherencia con las cuentas nacionales y la aditividad sector-agregado. Sobre esta base, especificamos formalmente la tecnología con una forma general (CES) que permite caracterizar la sustituibilidad entre capital y trabajo y, dentro de A , abrir de manera explícita los motores observables asociados a digitalización y cualificación junto con un residuo que garantiza el cierre contable del ejercicio.

Partimos de una tecnología agregada que, para cada periodo t , relaciona producto real, capital y trabajo a través de un índice de eficiencia:

$$Y_t = f(A_t, K_t, L_t).$$

Para darle contenido cuantitativo, adoptamos una forma CES (elasticidad de sustitución constante) como especificación general, que admite grados de sustituibilidad K–L distintos de la unidad y es compatible con la contabilidad del crecimiento. Su forma compacta es:

$$Y_t = A_t[\alpha K_t^r + (1 - \alpha)L_t^r]^{1/r},$$

donde A_t es un índice de eficiencia (Hicks-neutral), $\alpha \in (0,1)$ pondera el peso relativo del capital y el trabajo; y $r = (\sigma - 1)/\sigma$ con $\sigma > 0$ es la elasticidad de sustitución entre capital y trabajo. La función es homogénea de grado 1 en (K, L), de modo que mantiene rendimientos constantes a escala, y es homotética, lo que facilita comparar combinaciones de factores a diferentes escalas de producción.

El parámetro σ controla la facilidad con que variaciones en la razón K/L pueden compensarse sin alterar el nivel de producto. Esta parametrización recoge tres regímenes de interés empírico: $\sigma > 1$ ($r > 0$, sustitución relativamente alta), $\sigma = 1$ ($r \rightarrow 0$, caso límite que equivale a una especificación Cobb-Douglas) y $\sigma < 1$ ($r < 0$, complementariedad relativa). La CES permite, por tanto, acomodar configuraciones tecnológicas plausibles en el agregado y en ramas específicas como la farmacéutica, donde el binomio capital de proceso–trabajo cualificado suele mostrar complementariedad elevada.

Conservando esa generalidad teórica, la implementación empírica y el reporte de resultados en este informe se realizarán utilizando una tecnología Cobb–Douglas con rendimientos constantes a escala, que es el caso límite de la CES cuando $\sigma \rightarrow 1$ ($r \rightarrow 0$) y, por tanto, mantiene una interpretación intermedia y estable de la sustituibilidad entre capital y trabajo. Esta elección facilita una lectura lineal y transparente de las contribuciones del crecimiento, permite anclar los pesos en participaciones de renta observadas (coherencia con cuentas nacionales) y simplifica la comparación entre el agregado y el VAB sectorial preservando la aditividad. La especificación operativa es:

$$Y_t = A_t K_t^\alpha L_t^\beta \quad \text{con } \alpha + \beta = 1.$$

Bajo esta forma, la descomposición del crecimiento en diferencias logarítmicas adopta una estructura lineal y directamente comunicable:

$$\Delta \ln(Y_t) = \bar{\alpha} \Delta \ln(K_t) + \bar{\beta} \Delta \ln(L_t) + \Delta \ln(A_t),$$

donde $\bar{\alpha}$ y $\bar{\beta}$ son ponderaciones empíricas ancladas en las participaciones de renta de capital y trabajo (por ejemplo, medias Tornqvist de los pesos observados en t y $t - 1$). Esta elección garantiza trazabilidad con las cuentas nacionales y permite que cualquier lector, con las mismas series, replique las contribuciones.

De forma análoga, para identificar dentro de la eficiencia los motores ligados a la digitalización y a la cualificación, abrimos A_t en dos palancas observables y un residuo:

$$A_t = R_t (K^T)^{\gamma} (L^c)^{\theta} \quad \Rightarrow \quad \Delta \ln(A_t) = \bar{\gamma} \Delta \ln(K^T)_t + \bar{\theta} \Delta \ln(L^c)_t + \Delta \ln(R_t),$$

donde K_t^T es el capital TIC y L_t^c el empleo cualificado; R_t recoge avances no explicados directamente por dichas palancas (organización, estandarización, intangibles no tecnológicos, difusión, calidad regulatoria, aprendizaje). La regla de imputación evita solapamientos: la cantidad de factores se asigna a K y L ($\bar{\alpha} \Delta \ln(K_t)$, $\bar{\beta} \Delta \ln(L_t)$), mientras que los efectos de

uso/calidad asociados a digitalización y cualificación se atribuyen a $A (\bar{\gamma} \Delta \ln(K^T)_t, \bar{\theta} \Delta \ln(L^c)_t)$, quedando $\Delta \ln(R_t)$ como residuo.

Esta formulación ofrece una lectura consistente con la narrativa previa: separa acumulación (K , L) de eficiencia (A abierta en K^T y L^c , más residuo), mantiene la coherencia estadística con las cuentas nacionales y facilita comparar, en un mismo lenguaje contable, el impacto de la inversión tecnológica del sector farmacéutico sobre su propio desempeño y sobre el conjunto de la economía.

B.2.7 Dinámica de acumulación de capital

La dinámica de acumulación describe cómo evoluciona el stock de capital productivo a partir del capital existente, la depreciación y la inversión realizada en cada periodo. En notación compacta:

$$K_{t+1} = (1 - \delta)K_t + I_t$$

K_t : stock de capital al final del periodo t (en volumen encadenado).

δ : tasa de depreciación económica efectiva ($0 < \delta < 1$).

I_t : inversión bruta real del periodo t (en volumen).

La expresión es válida para cualquier agregado de capital (maquinaria, equipo, infraestructuras, intangibles). En la práctica se aplica por componentes con vidas útiles y perfiles de retiro específicos (por ejemplo, δ distinto para software/plataformas frente a equipo físico), y se consolida en un K_t agregado. Para aislar el capital tecnológico K^T , se utiliza la misma identidad:

$$K^T_{t+1} = (1 - \delta^T)K^T_t + I^T_t$$

con δ^T e I^T_t consistentes con la naturaleza del activo tecnológico. La estimación empírica del stock se realiza mediante método de inventario perpetuo (PIM) con series deflactadas, garantizando la coherencia entre precios y cantidades. Esta formulación, aunque parsimoniosa, es el cimiento contable que conecta las decisiones de inversión con la capacidad productiva y, en nuestro marco, con la lectura separada de acumulación (vía K) y eficiencia (vía A).

B.3 Ponderaciones Törnqvist para el capital TIC farmacéutico (K^{TF})

Para estimar la contribución del capital TIC en el sector farmacéutico (K^{TF}) al crecimiento económico utilizamos ponderaciones de Törnqvist. En términos operativos, el método Törnqvist pondera el crecimiento del stock de K^{TF} por su cuota media en el acervo tecnológico nacional entre dos periodos consecutivos (promedio de la cuota al inicio y al final del año). Este procedimiento es estándar en descomposiciones sectoriales, preserva la aditividad de las contribuciones, emplea ponderaciones simétricas y actualizadas y evita la doble contabilidad, lo que permite comparar de forma homogénea el K^{TF} con el K^T agregado y con el capital total (K).

ANEXO C

10

10. Anexo C: Datos, fuentes y construcción de series

C.1 Contabilidad Nacional, FBCF e inversión TIC

El PIB y la Formación Bruta de Capital Fijo (FBCF) se obtienen de la Contabilidad Nacional Anual (CNA) del INE bajo el marco ESA 2010, con año de referencia 2020. El PIB se utiliza como ancla macro y escala para ratios (por ejemplo, inversión/PIB), y la FBCF proporciona la desagregación por tipo de activo que necesitamos para construir los agregados de inversión. Cuando es necesario trabajar en términos reales, se emplean los índices encadenados con referencia 2020 (2020=100) para derivar deflatores implícitos por componente y se opera siempre en precios constantes de 2020. No se suman series de volumen encadenado fuera del año de referencia; la aditividad en reales se garantiza deflactando cada activo a 2020 y sumando posteriormente en constantes.

La inversión TIC procede de la misma CNA (referencia 2020) y se define como la suma de AN.1132 (bienes de equipo TIC: hardware y comunicaciones) y AN.1173 (programas informáticos y bases de datos: software y BBDD capitalizados). Para cada año t se obtiene $I_t^{\text{TIC}} = I_t^{\text{AN.1132}} + I_t^{\text{AN.1173}}$ en precios corrientes directamente de la tabla de FBCF por activos; si se requiere el análisis real, se calculan $I_t^{\text{AN.1132,(2020)}}$ y $I_t^{\text{AN.1173,(2020)}}$ deflactando cada componente con su deflactor específico (derivado de corrientes e índice encadenado 2020=100) y se suman en precios constantes de 2020, preservando la aditividad y evitando problemas de no-aditividad transversal.

C.2 Construcción de stocks de capital, capital total (K) y capital TIC (K^{T}), mediante inventario perpetuo (PIM)

El capital total se construye directamente a partir de la FBCF total de la CNA (referencia 2020), aplicando un método de Inventario Perpetuo (PIM) con una única tasa de depreciación asociada al capital agregado. La lógica es transparente: (i) se toma la senda de inversión total en precios de 2020; (ii) se elige una depreciación única δ_K representativa del desgaste medio del capital agregado (5%, coherente con la literatura); y (iii) se acumula el stock según

$$K_t = (1 - \delta_K)K_{t-1} + I_t^{\text{FBCF}}.$$

El stock inicial se calibra para que las tasas de crecimiento resultantes sean estables y compatibles con la trayectoria histórica de la inversión. Este diseño mantiene consistencia contable con la CNA y facilita la lectura y la comparación con otros ejercicios empíricos.

La inversión TIC se define de forma consistente con la CNA como la suma de AN.1132 (bienes de equipo TIC: hardware y comunicaciones) y AN.1173 (programas informáticos y bases de datos: software y BBDD capitalizados). Para cada año t se construye el flujo $I_t^{\text{TIC}} = I_t^{\text{AN.1132}} + I_t^{\text{AN.1173}}$ en precios corrientes; cuando se requiere el análisis real, se deflacta cada componente con su deflactor específico (derivado de corrientes e índice encadenado 2020=100) y se suman en constantes de 2020. A partir de esa inversión TIC en reales se obtiene el stock de capital TIC mediante un PIM, asumiendo una depreciación δ_{TIC} , en línea con lo utilizado en la literatura económica, del 15% para el conjunto del bloque TIC:

$$K_t^T = (1 - \delta_T) K_{t-1}^T + I_t^{TIC}.$$

Este tratamiento distingue con claridad el capital total (a partir de FBCF y δ_K) del capital TIC (a partir de AN.1132+AN.1173 y δ_{TIC}), manteniendo la coherencia de ambos con el marco contable en base 2020.

C.3 Medición del empleo y aproximación del empleo cualificado

El empleo se mide en horas efectivamente trabajadas de la CNA (referencia 2020), lo que garantiza plena coherencia con PIB y FBCF. El desglose por cualificación se obtiene aplicando a esas horas la estructura educativa observada en la EPA, sobre la base de la segmentación ISCED utilizada internacionalmente. El empleo cualificado constituye aquellos trabajadores con educación terciaria o superior. Si H_t denota las horas totales de la CNA y ω_t^c la cuota de empleo cualificado de la EPA, definimos $H_t^c = \omega_t^c H_t$ y $H_t^{noc} = (1 - \omega_t^c) H_t$, preservando la identidad $H_t = H_t^c + H_t^{noc}$. Esta asignación es directamente compatible con la contabilidad del crecimiento y permite computar productividades por cualificación bajo la misma base 2020.

En síntesis, el resultado son insumos aditivos, comparables y reproducibles, alineados con el marco contable vigente y adecuados para el análisis econométrico y de crecimiento.

	Capital				Empleo (horas trabajadas)	
	GDP	Total	TIC	TIC Farma	Total	Cualificado
2006	1,295,329	3,399,504	87,765	343	35,211,548	11,380,589
2007	1,341,100	3,571,103	94,301	378	36,095,061	11,690,849
2008	1,351,389	3,747,769	102,834	417	36,338,856	12,014,445
2009	1,300,466	3,900,689	111,667	458	34,168,083	11,962,609
2010	1,301,691	3,987,675	116,589	503	33,392,886	11,769,438
2011	1,293,361	4,055,807	122,793	551	32,685,721	12,164,907
2012	1,256,305	4,100,883	128,324	603	31,111,891	12,077,864
2013	1,238,372	4,126,024	134,348	658	30,228,796	12,040,792
2014	1,257,202	4,141,822	140,177	716	30,543,000	12,729,396
2015	1,308,255	4,166,534	147,577	778	31,458,249	13,077,427
2016	1,346,392	4,202,358	155,998	844	32,261,468	13,417,733
2017	1,385,385	4,241,353	165,077	915	32,952,217	13,883,210
2018	1,418,571	4,295,216	173,785	991	33,765,616	14,390,615
2019	1,446,392	4,363,641	182,838	1,117	34,348,535	14,950,259
2020	1,288,155	4,442,496	190,543	1,247	30,576,946	14,241,720
2021	1,374,244	4,490,889	195,117	1,362	32,787,923	15,062,839
2022	1,461,788	4,543,990	201,485	1,507	34,448,678	15,723,633
2023	1,497,761	4,606,230	208,411	1,678	35,369,626	16,409,547
2024	1,549,512	4,682,448	219,060	1,858	36,159,400	16,884,099
2025	1,594,448	4,765,778	229,110	2,039	37,037,375	17,125,436



farmaindustria

Innovamos para las personas